

Univerzita Karlova v Praze

Přírodovědecká fakulta

Studijní program: Biologie

Studijní obor: Učitelství biologie a matematiky



Bc. Michaela Ratajová

Význam říčních náplavů Ohře pro studium měkkýších společenstev alluvia

Importance of flood drifts of the Ohře River for the study of alluvial mollusc communities

Diplomová práce

Školitel: doc. RNDr. Lucie Juříčková, Ph.D.

Konzultant: Mgr. Štěpánka Podroužková

Praha, 2016

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze, 25. 4. 2016

Podpis

Poděkování:

Na tomto místě bych ráda poděkovala své školitelce Lucii Juříčkové za poskytnuté rady a velkou pomoc při terénních pokusech, také za trpělivost a pochopení. Mé další díky patří Štěpánce Podroužkové za její podnětné příspěvky a rady. V neposlední řadě velmi děkuji svým rodičům a celé rodině za nezbytnou podporu a pomoc během celého studia.

Obsah

1	Úvod	7
2	Cíle práce	10
3	Metodika	11
3.1	Laboratorní pokusy	11
3.2	Terénní pokusy	16
3.3	Rozbor náplavů	18
4	Výsledky	20
4.1	Laboratorní experimenty	20
4.2	Terénní pokus	25
4.3	Rozbor náplavů	27
4.3.1	Vzorek č. 1	27
4.3.2	Vzorek č. 2	30
4.3.3	Vzorek č. 3	33
4.3.4	Vzorek č. 4	36
5	Diskuze	39
5.1	Přežívání plžů ve vodě	39
5.2	Šíření plžů proudem	43
5.3	Výpovědní hodnota náplavů z hlediska faunistiky	46
6	Závěr	50
7	Citovaná literatura	52

Abstrakt

Při zvýšených vodních stavech, například při jarním tání sněhu nebo při letních povodních, voda strhává ze břehu různý materiál včetně suchozemských plžů. Takto nashromážděný materiál se nazývá náplav a při správné interpretaci může jeho složení poskytnout mnohé informace, nejen z faunistického hlediska. V minulosti byly náplavy často použity jako doplnění faunistických průzkumů různých oblastí, neboť odhalí druhy, které jsou běžnými metodami z různých důvodů těžko postihnutečné. Nejinak je tomu i v případě řeky Ohře. Pro dynamiku měkkýších společenstev je řeka důležitým koridorem, propojujícím velmi podobná stanoviště. Pokusila jsem se ověřit, zda transport probíhá přímo korytem řeky, tzv. proudovým koridorem prostřednictvím náplavů. Výsledky této práce potvrzují, že plži jsou schopni ve vodním toku přežít a uchytit se několik set metrů níže po proudu. Šíření tedy probíhá po kratších vzdálenostech. Takový transport využívají různé druhy suchozemských plžů, ale mnohem lépe jsou na přežití ve vodním prostředí přizpůsobeni větší plži.

Klíčová slova: náplavy, proudový koridor, suchozemští plži, transport

Abstract

When water levels are increased, for instance in case of spring thaw and summer floods, various materials including terrestrial gastropods are pulled down from shores by water. This accumulated material is called flood drift and when interpreted accurately, its composition can provide useful information not only from faunistic point of view. In the past, flood drifts were used to supplement faunistic research of various areas, since it helps to reveal species which are difficult to detect using regular methods. This is also the case of the river Ohře. For the dynamics of molluscan association, water is a significant corridor connecting very similar places. I have attempted to verify, whether it is transported via a river bed, i.e. via stream corridor by means of flood drifts. The results of this theses confirm that gastropods are able to survive in the watercourse and cling several hundred metres down the stream. Thus we talk about short distance spreading. This transport is used by various terrestrial gastropods; however, bigger gastropods are much more likely to survive.

Key words: flood drift, stream corridor, terrestrial gastropods, transport

1 Úvod

O tom, jak se bezobratlí živočichové šíří krajinou, se toho zatím moc neví (Dörge *et al.* 1999). Mnoho nezodpovězených otázek se týká zejména transportu méně mobilních druhů živočichů, jimiž jsou například suchozemští měkkýši. Maximální vzdálenosti, které jsou suchozemští plži schopni překonat aktivním pohybem, dosahují pouze několika desítek metrů (Baur & Baur 1989). Vzhledem k jejich omezené pohyblivosti (Aubry *et al.* 2006) se dá předpokládat, že se transportují spíše pasivně přes nějaké médium.

Existují studie, které se zabývají šířením měkkýšů na tělech některých savců, ptáků, hmyzu nebo dokonce na vlacích, letadlech a nákladních automobilech (Fischer *et al.* 1996, Gittenberger *et al.* 2006, Green *et al.* 2008, Kawakami *et al.* 2008, Peltanová *et al.* 2012).

Rovněž nivy vodních toků se nabízejí jako možné cesty, kterými se řada suchozemských plžů může šířit. Bohužel různé zásahy člověka v druhé polovině 20. století vedly k izolaci měkkýších populací (Baur & Erhardt 1995) nebo jim život v říčních nivách zcela znemožnily (Čejka *et al.* 2008). Budování hrází, vysoušení údolních niv, odlesňování a přetváření niv na lány orné půdy velmi výrazně zasáhly druhové složení plžů podél vodních toků (Ložek 1982, Ložek 2002). I přes to, že přirozené funkce nivních systémů téměř vymizely, řada druhů je schopná se znovu podél vodních toků šířit a uchytit se na druhotných luzích (Bayley 1995, Ložek 2003b). Jelikož však prostředí v okolí toků není uniformní a střídají se zde různá, člověkem více či méně ovlivněná, prostředí připadá jako nejpravděpodobnější způsob transportu v úvahu vlastní vodní tok neboli proudový koridor.

Již na počátku 20. století byl v literatuře zmíněn význam tekoucí vody jako důležitého transportního média pro suchozemské plže (Boettger 1929). Konkrétních příkladů z modernější doby lze uvést několik. Jako modelový doklad skutečnosti, že se suchozemští plži pomocí vodního toku opravdu šíří, můžeme uvést záznamy o výskytu plže *Arianta arbustorum* (Juříčková 2001). Úbytek lesních porostů v důsledku hospodaření v okolí vodních toků často zapříčinil ústup nebo dokonce vyhynutí vlhkomilných druhů jakým *Arianta arbustorum* je, takže jeho výskyt v krajině je spíše mozaikovitý (Horsák *et al.* 2013). V dnešní době se tento druh opět vyskytuje na březích řeky Berounky, kde dříve zřejmě vymizel, konkrétně v oblasti při soutoku s Vltavou nebo v Českém krasu mezi Berounem a Karlštejnem a to díky zarůstání dříve obhospodařovaných břehů druhotnými luhy (Juříčková 1995). Z průběžných faunistických výzkumů těchto oblastí lze dokázat, že se daný

druh v okolí výše uvedených lokalit nikde jinde nevyskytuje. Nejbližší místo výskytu je v Jarovském údolí v Praze a dále až v údolí Klíčavy na Křivoklátsku. Z toho je více než jasné, že muselo dojít k šíření pomocí proudového koridoru řeky Berounky na znovuvytvořená vhodná stanoviště (Juříčková & Ložek 2012a). Stejně tak se proudovým koridorem do luhů řeky Labe zřejmě dostaly i druhy *Eucobresia diaphana* a *Clausilia pumila* (Ložek 2003a). V souvislosti s tvorbou druhotných luhů se kolem Berounky šíří druhy jako *Perforatella bidentata* a *Clausilia pumila* (Juříčková & Ložek 2012a). Údolím Tiché Orlice se po krátkých úsecích postupně rozšiřuje *Aegopinella ressmanni* (Horsák & Myšák 2008). V neposlední řadě vlhkomilná *Urticicola umbrosus*, která je dnes zcela běžná v nivě Ohře (Horáčková *et al.* 2011), se zde v nejmladším holocénu vůbec nevyskytovala, jak dokládají fosilní záznamy (Juříčková *et al.* 2013), takže její rozšíření v dané oblasti je evidentně nedávného data. Všechny zmíněné druhy byly nalezeny v těch úsecích říčních koridorů, kde se dříve prokazatelně nevyskytovaly a kde je tedy jejich nový výskyt nejlépe vysvětlitelný právě transportem v proudu řeky.

Zásadní otázkou však zůstává, jakým způsobem se plži říčními nivami šíří, zda je vůbec možné, aby přežili transport vodou, a zda se dostanou pomocí vodního toku na správný habitat, kde budou schopni se uchytit a přežít.

Jedním z předpokládaných způsobů transportu suchozemských plžů jsou náplavy vodních toků. Pod pojmem náplav rozumíme materiál nahromaděný činností vodního toku na nějakém vhodném místě. Náplavy jsou charakteristické tím, že přenášejí velké množství organického materiálu včetně měkkýších schránek, které povodně vyplavují z lužních lesů a jsou kromě jiného velmi důležité pro zjištění výskytu některých druhů, které často při běžném sběru unikají pozornosti (např. Čejka 2000, Čiliak & Šteffek 2011, Ložek & Juříčková 2012a, b).

Záznamy o šíření plžů podél vodních toků naznačují, že se plži vodním koridorem transportují sice rychle, ale pouze na krátké vzdálenosti. Vzhledem k tomu, že se podél vodních toků vyskytují habitáty často s velmi podobnými podmínkami, existuje vysoká pravděpodobnost, že se dostanou na místo, kde budou schopni se uchytit a přežít a tak postupně osídlit celé úseky podél vodních koridorů (Dörge *et al.* 1999).

Další informace, které by se týkaly transportu suchozemských plžů vodními toky, v současné dostupné literatuře chybí. Ve své práci se tedy pokusím potvrdit domněnky a empirické terénní zkušenosti, týkající se říčních náplavů, zjistit, jaké druhy se vodními toky

šíří, zda je vůbec možné, aby suchozemští plži transport vodou přežili, a při terénních experimentech ověřit, na jaké vzdálenosti se plži vodními toky transportují.

K mým experimentům byla vybrána naše čtvrtá nejdelší řeka, Ohře, protože podél jejího toku proběhl v nedávné době velice detailní výzkum recentní (Horáčková *et al.* 2011) i fosilní (Juříčková *et al.* 2013) měkkýší fauny, takže máme o malakologických poměrech v nivě této řeky poměrně detailní představu. V nedávné době byly navíc na březích řeky provedeny sběry náplavů, které jsem dostala ke zpracování.

2 Cíle práce

1. Prakticky vyzkoušet, jak se suchozemští plži chovají, když se ocitnou ve vodním prostředí, zda se aktivně podílejí na tom, aby se dostali zpět na souš, případně jak dlouhou dobu jsou schopni přežít pod vodou.
2. Testovat hypotézu, že se suchozemští plži vodou šíří nejvýše na několik set metrů vzdálené úseky.
3. Zpracovat dostupné vzorky náplavů sebraných na březích řeky Ohře. Zjistit, jaké druhy suchozemských plžů se v náplavech vyskytují a mohou se tedy s jeho pomocí šířit, zda zařazení těchto druhů do ekologických skupin odpovídá typům habitatu, které se vyskytují poblíž míst, odkud byly náplavy sebrány, a porovnat nalezené druhy s recentní faunou.

3 Metodika

3.1 Laboratorní pokusy

Základním předpokladem pro šíření měkkýšů v krajině prostřednictvím říčních náplavů je jejich schopnost transport přežít, tedy udržet se na hladině a neutonout. Tuto schopnost jsem chtěla ověřit jednoduchým laboratorním experimentem a v případě potvrzení tohoto předpokladu pokračovat v komplikovanějších experimentech v terénu.

Cílem pokusů bylo namodelovat situaci, kdy jsou suchozemští plži při zvýšeném stavu vody unášeni proudem v říčním korytu (na jaře při tání sněhu, při přívalových deštích apod.). Bylo zapotřebí nejprve vyzkoušet nejlepší způsob, jak simulovat podmínky obdobné těm reálným.

Hlavní myšlenka spočívala v tom, že voda strhává ze břehů kromě plžů také různé předměty, na které se mohou plži přichytit a doplout na nich na souš. Pokud je vodou unášený jedinec zatažený v zavíčkované ulitě, mohla by mu namísto plujícího předmětu pomoci bublinka vzduchu pod ulitou, která ho nadnáší (Juříčková & Ložek 2012a).

Pro všechny série laboratorních pokusů byla použita plastová nádoba o objemu 5 litrů a průměru 20 cm. Výška vodního sloupce byla 13 centimetrů. Protože nejvíce povodní probíhá na jaře, kdy je ještě chladno, byla nádoba umístěna v klimaboxu, kde se teplota pohybovala v rozpětí 8–12 °C. Jako plovoucí materiál byl použit rostlinný materiál z probraných náplavových vzorků. V jednotlivých sériích docházelo k úpravám designu postupně tak, jak je popsáno níže.

Před pokusy byli plži umístěni v plastových nádobách s navlhčeným papírovým ubrouskem. Zde setrvali 14 dní bez potravy při snížené teplotě (2–5 °C), aby došlo k zatažení hlouběji do ulity a zavíčkování, tedy vytvoření slabého slizového víčka v ústí ulity (v případě *S. putris* pouze k vytvoření víčka).

Druhy měkkýšů byly vybrány podle charakteristik schránek, které jim propůjčují různé možnosti přetrvání ve vodě.

K pokusům byly vybrány tyto čtyři druhy suchozemských plžů:

Hlemýžď zahradní, *Helix pomatia* (Linné, 1758), čeleď Helicidae

Hlemýžď byl vybrán jako náš největší plž (až 40 mm) a také proto, že zimu přečkává chráněný typickým pevným zvápenatělým víčkem (Obr. 1), takže může být vodou vyplaven ve formě jakési „bojky“ (Horsák *et al.* 2013). Je mimo jiné typickým obyvatelem lužních lesů.

Jantarka obecná, *Succinea putris* (Linné, 1758), čeleď Succineidae

Tento druh byl vybrán z toho důvodu, že se jedná o vlhkomilného plže, který je vázaný svým výskytem na vegetaci okrajů vod (Horsák *et al.* 2013). Nemá schopen celé tělo zatáhnout do ulity, takže byl předpoklad, že utone mnohem dříve než jiné druhy.



Obr. 1: vlevo *Helix pomatia*, vpravo *Succinea putris*, zdroj: www.biolib.cz

Páskovka keřová, *Cepaea hortensis* (O. F. Müller, 1774), čeleď Helicidae

Jde o hojně se vyskytující druh velkého plže, který žije také na vlhčích místech (Horsák *et al.* 2013).

Srstnatka chlupatá, *Trochulus hispidus* (Linné, 1758), čeleď Hygromiidae

Ulita těchto plžů je většinou pokrytá dlouhými zahnutými chloupky (Obr. 2). Jejich hlavní funkce zůstává stále zcela neobjasněna (Pfeninger *et al.* 2005, Horsák *et al.* 2013).

Při transportu ve vodním koridoru by chloupky mohly zadržovat na povrchu ulity bublinky vzduchu, které by plže nadnášely a ochránily ho před utonutím.



Obr. 2: vlevo *Cepaea hortensis*, vpravo *Trochulus hispidus*, zdroj: www.biolib.cz, www.molluscs.at

1. série

Nejprve jsem provedla pilotní pokusy, ve kterých byl použit rostlinný materiál s plži plovoucími volně ve vodě. Ukázalo se však, že všechen materiál se nashromáždí u kraje nádoby a plžům nečiní žádný problém po jejím okraji vylézt ven. Doba, kterou strávili ve vodě, nebyla příliš dlouhá. V dalších sériích bylo nutné vše upravit tak, aby byl plžům znemožněn únik po stěně nádoby a mohla jsem pozorovat, jak dlouho v náplavu vydrží naživu, resp. jestli dovedou z vodní hladiny vylézt na plovoucí předměty.

2. série

Vyzkoušela jsem různé metody, jak plže udržet na hladině poblíž nějakého plovoucího předmětu. Do vody jsem vhodila jedince, který byl společně s kouskem dřívka zašitý v sáčku gázy. Bohužel, většina těchto pokusů skončila neúspěšně, protože celý sáček oproti předpokladu klesl ke dnu.

3. série

Při dalších pokusech jsem do sáčku přidala kousek polystyrenu, aby se celý obsah držel u hladiny. Ani v tomto případě neměl pokus žádný přijatelný výsledek. Materiál klesl ke dnu a plži se pod vodou utopili stejně jako v předchozím případě.

Dále jsem se různými způsoby snažila umístit plovoucí předmět uprostřed vodní hladiny tak, aby se nedotýkal stěny nádoby a plži nemohli jednoduše vylézt po stěně.

4. série

Pomocí tavné pistole jsem přichytila na dno nádoby kus polystyrenu a do něj jsem zapíchala špejle vyčnívající nad hladinu vody. Mezi špejle jsem umístila kousky platanové kůry, která je lehká a zároveň je dostatečně široká, aby se mezi špejlemi udržela a neproplouvala mezi nimi jako malé větvičky z náplavů. Jak pokusy vypadaly, ilustrují přiložené fotografie (Obr. 3).

Celkem jsem provedla třicet opakování se zástupci všech modelových druhů. Jednotlivé zkoušky byly časově velmi náročné, několikrát jsem nechala plže v nádobě celou noc a druhý den byli zpravidla utopení na dně nádoby. Začala jsem proto pokusy provádět s jedinci, kteří neměli na ulitě vytvořené ochranné víčko. Tím pádem se část vzduchu z ulity dostala ven a plž klesl ke dnu. Ve všech případech se plži snažili lézt nahoru po všem, na co narazili. Nakonec se většina jedinců na plovoucí kůru dostala, ale pomocí špejlí, takže ani výsledky těchto pokusů nemodelovaly situaci, kdy plž plave po hladině a z této pozice vyleze na organický materiál. Protože experimenty vedly stále ke stejnému výsledku, snažila jsem se vymyslet jiný způsob, jak těleso upevnit na hladině.



Obr. 3: Ilustrace pokusu 4. série, foto: Michaela Ratajová

5. série

K dalším experimentům jsem využívala průhledné víko nádoby. Otvorem uprostřed víka jsem protáhla vlasec, na který jsem zavěsila kousky dřeva tak, aby ležely na hladině. Plži vhození do vody zpravidla vylezli nahoru po stěně nádoby, kde zůstali nebo se po vlasci

dostali na plovoucí předmět. Opět se tedy nezdařil pokus o zachycení se předmětu z volné hladiny.

6. série

Nakonec jsem se rozhodla, že plže pouze vhodím do vody a budu sledovat jejich chování. Přestala jsem tedy testovat hypotézu, že se plži zachraňují pomocí plovoucích předmětů a zaměřila jsem se na chování suchozemského plže po vhození do vody. Celkem jsem provedla několik desítek pokusů, kdy jsem zaznamenávala chování jedinců ve vodě a také jsem měřila, za jakou dobu se dostanou nad vodní hladinu.

Pokusy byly prováděny v akváriu o objemu 15 litrů. Hladina vody byla ve výšce 15 centimetrů.

Nejprve jsem použila zavíčkované jedince a chladnější vodu o teplotě kolem 8 °C simulující jarní povodně. Stejně jako ve čtvrté sérii byly pokusy velmi zdlouhavé, často plži setrvali zavíčkovaní pod vodou několik hodin a další den už byli na dně utopení. Proto jsem opět začala pokusy provádět s jedinci, kteří nebyli zataženi do ulity.

Abych dosáhla co největšího počtu opakování, část pokusů jsem prováděla se svými studenty při laboratorním cvičení z biologie. 30 žáků jsem rozdělila do šesti skupinek. Každá skupina měla k dispozici akvárium, záznamové archy a pro každého studenta jednoho živého plže. Vycházela jsem z toho, že když voda strhává do proudu jedince bez víčka, je teplejší období, proto jsem akvária napustila vodou o teplotě 15 °C. Studenti vhodili plže do vody a na archy zaznamenávali, jak se chovají a za jakou dobu se dostanou nad vodní hladinu. Doba trvání jednoho pokusu jsem omezila na třicet minut. Pokud po uplynutí této doby plž z vody nevylezl, považovala jsem pokus za neúspěšný. Studenti během jednoho praktika provedli celkem 60 měření. Zbytek pokusů jsem dělala sama stejným způsobem.

Pozorovala jsem zástupce výše uvedených druhů, ale protože bylo zapotřebí velkého množství jedinců, aby byly výsledky dostatečně průkazné, nakonec byla největší část pokusů provedena s druhem *Cepaea hortensis*, od kterého jsem měla k dispozici zhruba 150 živých jedinců.

Celkem jsem provedla 120 opakování s jedinci druhu *Cepaea hortensis*, 15 opakování s jedinci druhu *Trochulus hispidus*, 20 opakování s jedinci druhu *Helix pomatia* a desetkrát jsem vyzkoušela potopit pod vodu zástupce druhu *Succinea putris*.

3.2 Terénní pokusy

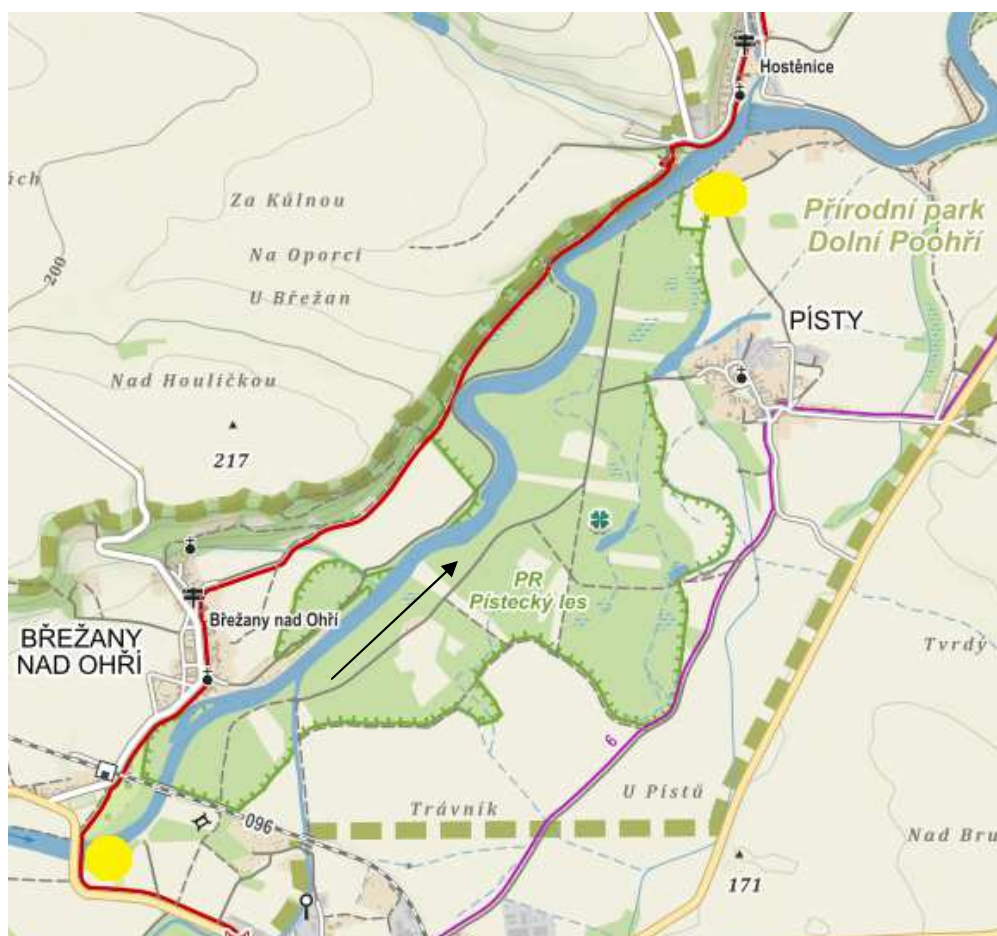
Cílem experimentu bylo v reálných podmínkách otestovat, jak daleko proud vody odnese jedince od místa, kde byl stržen ze břehu. Chtěla jsem ukázat, na jakou vzdálenost jsou plži transportováni vodním koridorem.

Jako modelové objekty jsem zvolila prázdné ulity dvou velikostních kategorií: hlemýžď zahradního (*Helix pomatia*), jako našeho největšího plže a vlahovkovitých plžů (*Monachoides incarnatus* a *Xerolenta obvia*), jako středně velké kategorie našich plžů. S menšími druhy jsem nepracovala, protože by v terénu nebylo možné je nalézt. Předpokládala jsem, že prázdná ulita poplave na hladině stejně jako hibernující či aestivující živý plž zatažený do ulity, kterého nadnáší bublinka vzduchu pod víčkem. Při provádění laboratorních pokusů jsem si všimla, že i aktivní živí jedinci s výjimkou druhu *Succinea putris* jsou nadnášeni bublinkou vzduchu v plicním vaku či v ulitě, takže jsem pokusem s prázdnými ulitami simulovala i situaci s živými jedinci. Nasbírala jsem 113 ulit hlemýžďů (velikost ulit cca 4 cm) a 471 ulit čeledi Hygromiidae (velikost ulit byla v průměru 1,5 cm). Všechny ulity jsem nastříkala neonově růžovým sprejem, abych zvýšila jejich zpětnou dohledatelnost v terénu (Obr. 4).



Obr. 4: Vlevo: sprejem obarvené schránky druhu *Helix pomatia*, vpravo: označené schránky těsně po vhození do vody, foto: Lucie Juříčková

Experiment jsem realizovala na řece Ohři, konkrétně nad Písteckým luhem (GPS souřadnice začátku pokusu: N50°24'33'', E14°06'59''), protože v této lokalitě byly nasbírány i vzorky náplavů, které jsem vyhodnocovala a řeka zde má přirozený ráz (Obr. 5). Začátek pokusu byl umístěný pod mostem v Břežanech nad Ohří, konec zhruba 3 km níže po proudu řeky. Test byl proveden dne 20. 4. 2015, kdy byl v dané lokalitě naměřen průtok 36,6 m³/s. Teplota vody byla 8,5 °C a teplota vzduchu 14,8 °C. Šíře řeky v těchto místech dosahuje 50 m.



Obr. 5: Studovaný úsek řeky, žlutě začátek a konec pokusu, zdroj: www.mapy.cz

Z pravého břehu řeky jsem vhodila do vody všech 584 ulit. Uliny dopadly do vody zhruba 5 metrů od břehu. Po 20 minutách, když všechny ulity odpluly, jsem šla po proudu řeky a hledala jsem ulity, které voda vynesla ke břehu. U každého nálezu jsem zaznamenala, v jaké byl vzdálenosti, počty a velikosti nalezených ulit.

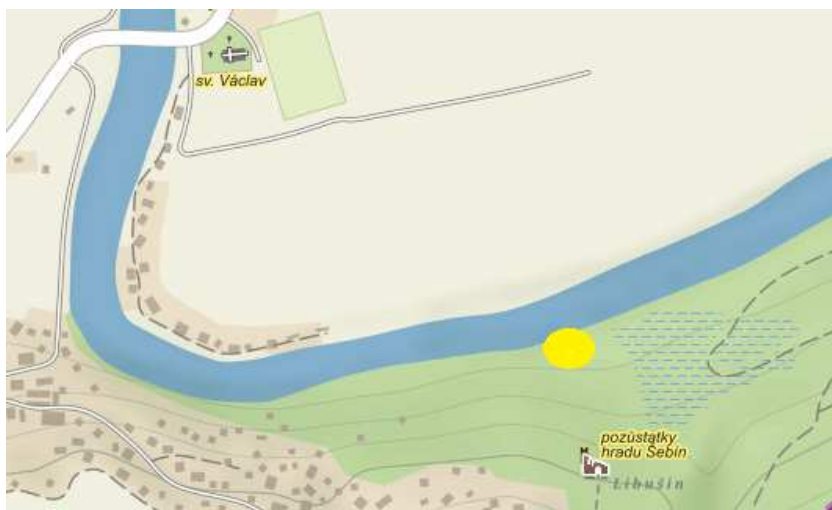
3.3 Rozbor náplavů

K dispozici jsem měla čtyři vzorky náplavů sebraných mou školitelkou a konzultantkou z různých lokalit na dolním toku Ohře po menší jarní povodni 23. 3. 2011. Vzorky byly usušené a zpracované standardní prosevovou metodou (Ložek 1956).

Ulity nalezené ve vzorcích jsem roztrídila podle druhů, spočítala juvenilní a dospělé jedince, druhy jsem zařadila do ekologických skupin podle jejich nároků na podmínky okolního prostředí (Juříčková *et al.* 2014) a všechny údaje jsem zanesla do přehledných tabulek, viz kapitola Výsledky.

Chtěla jsem zjistit, zda druhy nalezené v náplavech odpovídají typu krajiny, která se vyskytuje proti proudu řeky nad místy, kde byly náplavy sebrány, proto zde stručně popisují typ krajiny.

První vzorek byl sebraný na břehu řeky pod zříceninou hradu Šebín (Obr. 6). Pravý břeh do vzdálenosti 500 metrů nad tímto místem lemují křovinné porosty obklopené stepními stráněmi, které zvolna přechází v lesnaté stráně Šebína (Horáčková *et al.* 2011). Levý břeh řeky obklopují pole a louky. Tento typ otevřených stanovišť se vyskytuje i na pravém břehu ve vzdálenost 500 metrů a výše proti proudu.



Obr. 6: Lokalizace vzorku č. 1 (žlutě), zdroj: www.mapy.cz

Druhý vzorek byl sebraný 500 metrů nad mostem v Radovesicích (Obr. 7). Nejbližší břehy řeky jsou obklopeny křovinnými porosty, na levém břehu zhruba 200 metrů proti proudu se nachází mokřady, které jsou součástí Zámeckého parku Libochovice, a

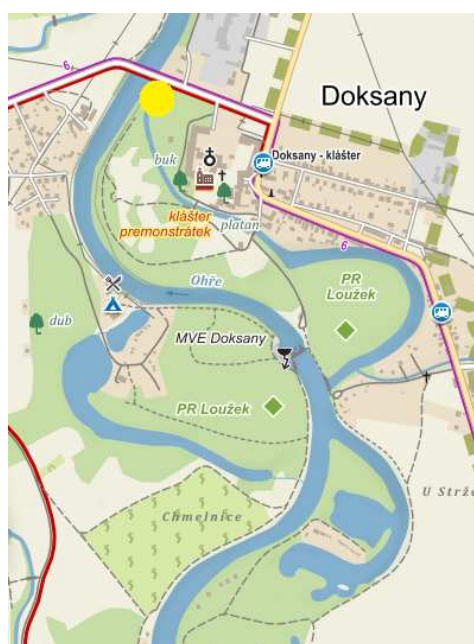
nad ním pokračuje Městský park Libochovice. Na pravém břehu jsou otevřené plochy polí a luk. Čtyři kilometry výše proti proudu se nachází luh zvaný Myslivna.



Obr. 7: Lokalizace vzorku č. 2 (žlutě) a 3 (červeně), zdroj: www.mapy.cz

Třetí vzorek pochází přímo od mostu v Radovesicích, nejbližší okolí má podobný ráz jako v případě druhého vzorku.

Čtvrtý vzorek byl sebrán pod mostem v Doksanech (Obr. 8). Břehy nad tímto místem jsou porostlé křovinami. Necelý kilometr proti proudu obklopují slepá ramena řeky Přírodní rezervaci Loužek, kde je zachován typický smíšený lužní porost v údolní nivě řeky Ohře.



Obr. 8: Lokalizace vzorku č. 4 (žlutě), zdroj: www.mapy.cz

4 Výsledky

4.1 Laboratorní experimenty

V prvních několika sériích experimentů jsem testovala hypotézu, že se plž po spláchnutí vodou při povodni zachraňuje plaváním na naplaveném organickém materiálu.

První tři série experimentů nevedly k žádným uspokojivým výsledkům, protože se mi nepodařilo plže ani plovoucí materiál udržet na volné hladině, plži se vždy dostali k okraji nádoby a bez problému vylezli nad vodní hladinu, přičemž to byla vždy otázka jednotek minut.

V další sérii pokusů se sice jedinci po vhození do vody na plovoucí kůru dostali, ale všichni bez výjimky k tomu využili špejle, které plovoucí kůru ukotvovaly (Obr. 9). Větší plži se ke špejlím dostali rychleji než malé jantarky (*Succinea putris*) nebo srstnatky (*Trochulus hispidus*), ale vzhledem k omezené velikosti nádoby se jednalo o rozdíl několika málo minut. Všem druhům trvalo průměrně 15 minut, než se po špejlích dostaly nahoru na plovoucí kůru.

Tento pokus byl opět neúspěšný, protože jsem sice ukázala, že plži dovedou využít ponořené předměty, po kterých vylezou, ale ne, jestli by dovedli vylézt na plovoucí materiál bez této opory.



Obr. 9: Průběh 4. série pokusů, foto: Michaela Ratajová

V páté sérii pokusů jsem špejle nahradila vlascem navázaným na víko nádoby. Většina jedinců vyšplhala po stěně nádoby nad vodní hladinu, a když jsem je nechala několik dnů zavřené v nádobě, našla jsem je přilepené k víku zatažené do ulity. Několik jedinců se na plovoucí kůru sice dostalo, ale všichni nejprve vyšplhali po stěně na víko nádoby a poté

po vlasci slezli dolů na plovoucí kůru, takže ani tento pokus neukázal, zda se dovedou ve vodě zachytit plovoucích předmětů.

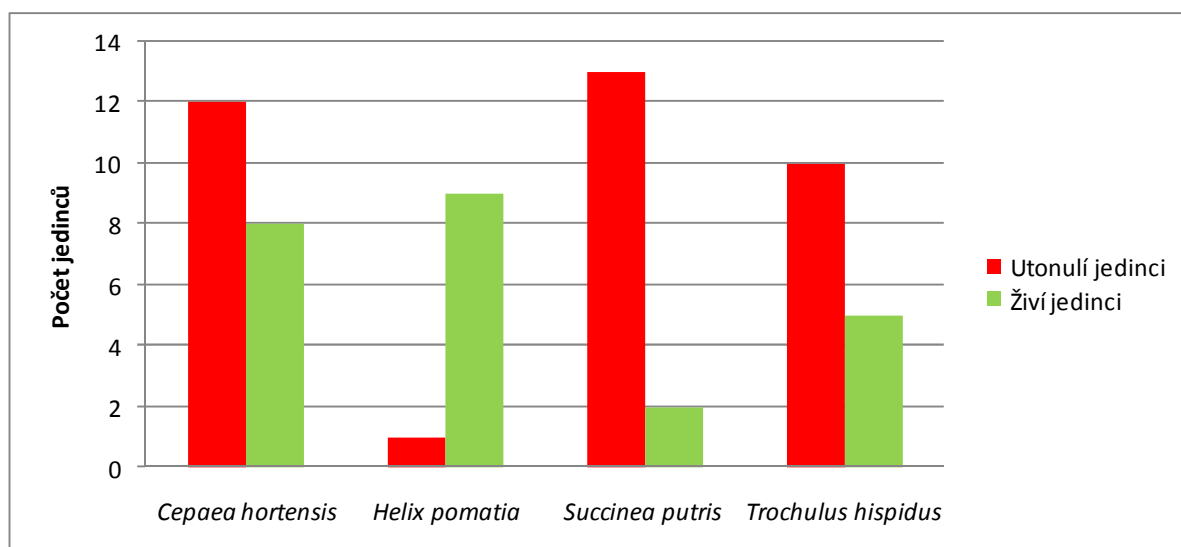
Hypotézu, že se plži zachycují na plovoucí materiál a na něm dokážou plavat, se nepodařilo uspokojivě otestovat, což neznamená, že toho nejsou schopní.

Zaměřila jsem se proto na testování hypotézy, že plž přežije ve vodě dostatečně dlouho, aby mohl být vodou transportován a že poté, co je připraven ke břehu, je schopný vylézt po různých předmětech nebo po vegetaci na břeh.

Nejprve jsem zkoušela hodit do vody zavíčkované jedince. Ve 36 případech z 66 jsem našla plže další den utopené na dně nádoby dříve, než se stihli zbavit víčka. Většinou se jednalo o zástupce menších druhů. Z 20 jedinců druhu *Cepaea hortensis* se nad hladinu dostalo osm jedinců, z 15 jedinců druhu *Succinea putris* přežili pouze dva a z 15 jedinců druhu *Trochulus hispidus* jich přežilo pět. Nejhuře tedy dopadli zástupci druhu *Succinea putris*. Protože se téměř všichni jedinci tohoto druhu utopili, jasně jsem dokázala, že se sami ve vodním sloupci neudrží a další pokusy jsem s nimi už neprováděla. Ostatní plži, kteří se neutopili, většinou do 30 minut vylezli z ulity ven a začali se pohybovat po dně nádoby a zhruba za dalších 15 minut se dostali nad vodní hladinu.

Nejlépe se dařilo pod vodou přežít zástupcům druhu *Helix pomatia*. Celkem jsem provedla deset opakování s jedinci tohoto druhu. Pouze jeden jedinec se nedokázal dostat nad hladinu a utopil se. Všichni ostatní se vždy zdárně dostali ven z vody. V pěti případech se jedinci dostali nad vodu do 45 minut, tři jedinci byli pod vodou zhruba tři hodiny. Převážnou část této doby leželi na dně zavíčkovaní nebo měli víčkem prostrčený kousek nohy, když vylezli z ulity celí, trvalo jim kolem 30 minut, než se dostali nad vodní hladinu. V jednom případě zavíčkovaný hlemýžď vydržel pod vodou celé dva dny a poté vylezl nad vodní hladinu. Tohoto jedince jsem vhodila do vody s ulitou pevně uzavřenou vápenatým víčkem. Po necelé hodině vystrčil z ulity kousek nohy a v tomto stavu setrval do následujícího dne. Předpokládala jsem, že už je utopený, ale přesto jsem ho ještě ve vodě nechala. Další den hlemýžď vylezl po stěně nádoby nad vodní hladinu.

24 jedinců z celkového počtu 60 se zdárně dostalo nad vodní hladinu. Výsledky tohoto pokusu ukazuje přiložený graf (Obr. 10). Další pokusy jsem už prováděla s jedinci bez víčka.



Obr. 10: Poměr živých a utonulých plžů při pokusech se zavíčkovanými jedinci

Při experimentech, které jsem dělala s žáky při praktickém cvičení, jsem omezila dobu jednoho pokusu na 30 minut. Do vody jsme vhodili celkem 58 jedinců druhu *Cepaea hortensis*. Plži nebyli zataženi v ulitě a neměli vytvořené ochranné víčko.

Jak ukazuje (Obr. 11), třiceti jedincům se po dobu trvání pokusu nepodařilo vylézt po stěně akvária nad vodní hladinu. Ale žádný z těchto neúspěšných jedinců nezůstal nehybně ležet na dně, všichni vykazovali známky života i po ukončení pokusu.

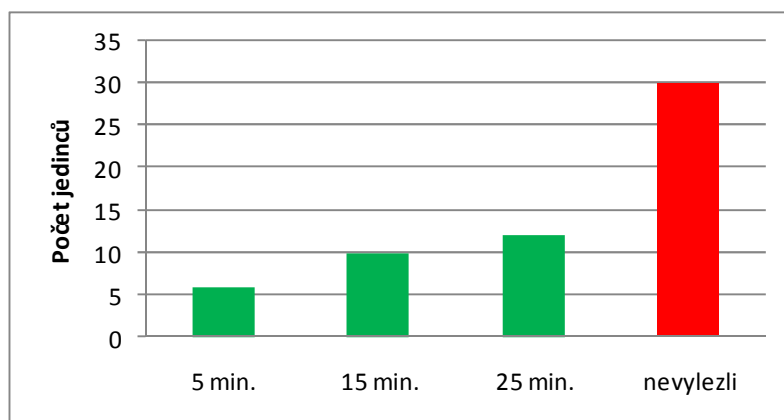
Dalších 28 jedinců se úspěšně dostalo nad vodní hladinu. Šesti jedincům trvalo necelých pět minut, než vyšplhali nad hladinu vody. Dalších deset jedinců se nad vodu dostalo do 15 minut a zbylým dvanácti jedincům se to podařilo do 25 minut.

Sama jsem ještě tento experiment zopakovala se 32 zástupci stejného druhu. Výsledky byly velmi podobné. Zhruba polovina jedinců se do 30 minut dostala nad vodní hladinu a druhá polovina jedinců zůstala pod vodou, ale na živu.

Dále jsem testovala deset hlemýžďů. Osm z nich se bez problémů dostalo nad vodní hladinu do 30 minut. Dva zůstali na dně, opět živí.

Jak bylo zmíněno výše, druh *Trochulus hispidus* má na povrchu ulity dlouhé zahnuté chloupky. Předpokládala jsem, že bublinky vzduchu zachycené pod chloupky ponesou celou ulitu a pomůžou tak jedincům se snáze dostat nad vodní hladinu. Provedla jsem deset opakování se zástupci, kteří měli chloupky na celé ulitě. Při pozorování chování těchto jedinců jsem zjistila, že bublinky vzduchu naopak plžům pohyb ve vodě ztěžují. Jedinec klesl na dno nádoby, ale bublinky neustále ulitu nadnášely a jedinec se tak nemohl přichytit nohou na dno, aby mohl po stěnách vyšplhat nahoru.

Z provedených pokusů jsem získala několik dalších poznatků. Všichni jedinci bez výjimky se po vhození do vody snažili šplhat směrem vzhůru po všech předmětech, na které narazili. Pokud se setkalo na jednom místě více jedinců, snažili se vyšplhat nahoru i po sobě navzájem. V některých případech dokonce menší plži využívali velké hlemýžďe jako výtah, který je vynesl nahoru nad vodní hladinu. Takže není těžké si představit, že jedinci unášení proudem ve vodním toku se snaží přichytit na jakýkoliv okolní předmět stržený spolu s nimi ze břehu.



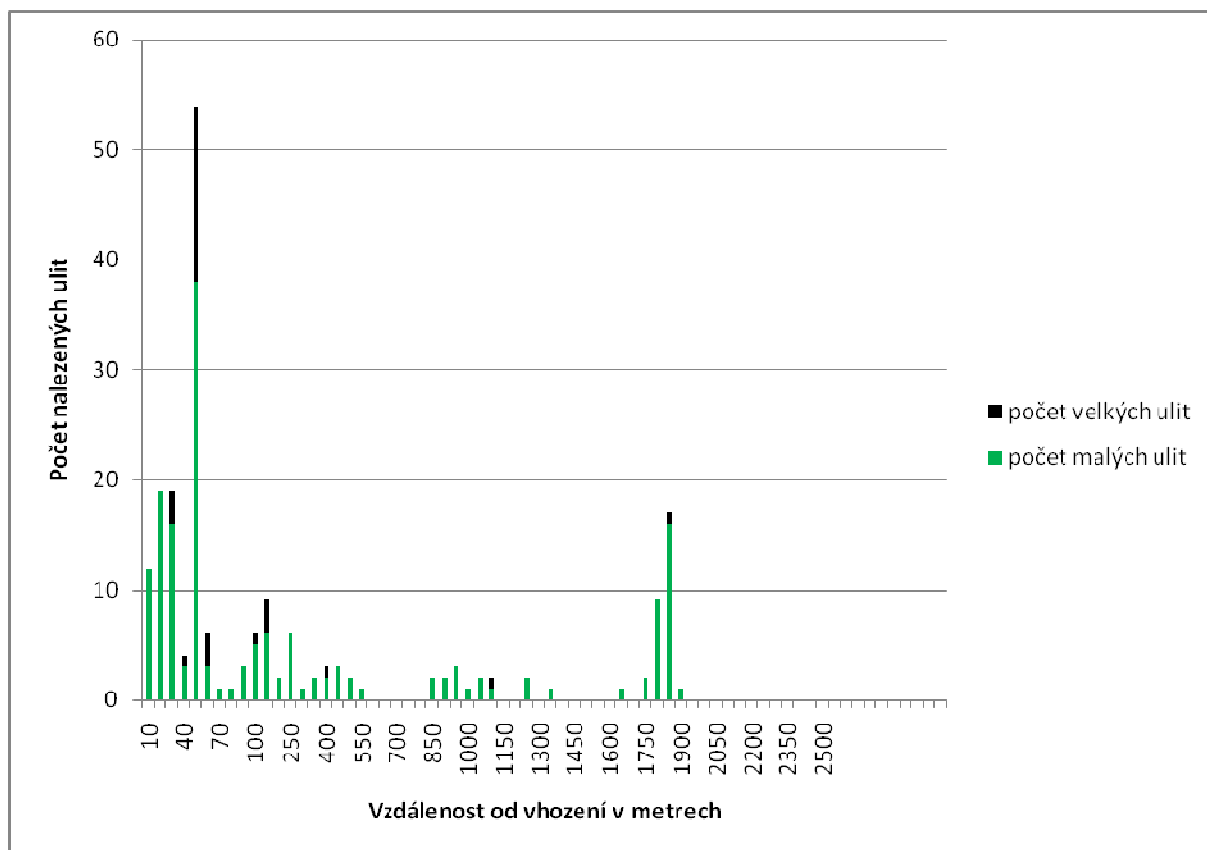
Obr. 11: Čas, za který plži vylezli nad vodní hladinu.

Velmi důležité je zjištění, že všechny testované druhy jsou schopné přežít pod vodou minimálně 30 minut. Značná část jedinců zvládne pod vodou přežít i celou hodinu nebo dvě. U jednoho jedince druhu *Helix pomatia* bylo prokázáno, že vydrží pod vodou až 48 hodin.

Získané výsledky potvrzují hypotézu, že suchozemští plži skutečně mohou snadno přežít transport vodními toky. Nejenom, že jsou schopni přežít potopení pod vodou, navíc se i aktivně podílejí na tom, aby se dostali znovu na břeh.

4.2 Terénní pokus

Jak ukazuje přiložený graf (Obr. 12), nejvíce ulit (21 % z celkového počtu) jsem našla na prvních sto metrech sledovaného úseku řeky. Do poloviny tohoto úseku jsem nacházela ulity přibližně každé dva metry. Se zvyšující se vzdáleností od místa vhození se zvyšovala také vzdálenost mezi jednotlivými ulitami zachycenými u břehu. Na jednom místě se většinou zachytilo maximálně 5 ulit. Výjimkou byla místa ve vzdálenosti 30 m od vhození, kde se najednou zachytilo 16 menších a 3 větší ulity, a 50 m od vhození, kde se zachytilo 29 menších a 11 velkých (Obr. 12). V těchto místech se při břehu nacházelo větší množství větví a různého materiálu, za který se ulity zachytily, jak ukazuje Obr. 13. Na prvních sto metrech jsem celkově našla 101 malých ulit a 24 velkých ulit.



Obr. 12: Počty ulit obou sledovaných velikostních kategorií zachycených u břehu.



Obr. 13: Ulity zachycené na větvích a zbytcích bylin u břehu Ohře, foto: Lucie Juříčková

Dále se u břehu zachytávaly ulity většinou po jedné na úsecích vzdálených od sebe 20–30 metrů. Ve vzdálenosti zhruba 500 metrů od místa vhození ulit do vody byl 300 metrový úsek, kde jsem neobjevila žádnou ulitu. Předpokládala jsem, že dále po proudu už ulity nebudou, ale přesto jsem pokračovala v hledání. Po 800 metrech jsem ale opět začala ulity nacházet. Vzdálenosti mezi jednotlivými nalezišti se však dále zvětšovaly. Po celou dobu bylo koryto řeky přímé, v úseku kolem 1800 metrů se řeka začala prudce stáčet doleva, jak je vidět na Obr. 5.

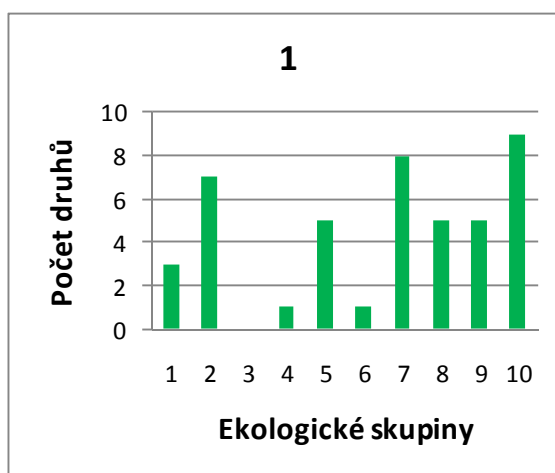
Díky tomu se na pravém nárazovém břehu zachytil zbytek ulit (viz Obr. 12). Celkem jsem zde na úseku dlouhém 50 metrů našla 17 menších a 1 velkou ulitu. Poslední ulitu jsem našla ve vzdálenosti 1852 metrů od místa, kde jsem je hodila do vody. Prošla jsem ještě dalších 1200 metrů po proudu řeky, ale další ulity jsem už nenašla. Na zachycování ulit u břehu má tedy největší vliv vzdálenost od vhození, dále pak překážky na břehu (větve, organické zbytky) a tvar koryta řeky. Pro exaktní výpočty vlivu těchto parametrů by ale bylo potřeba provést více opakování.

Do zbylých ulit se zřejmě vlivem proudu a turbulencí dostala voda a klesly ke dnu. Předpokládala jsem, že do větší ulity se voda dostane snadněji než do malé, ale počet nalezených ulit (169 menších ulit a 30 velkých) v obou případech tvoří 36 % z původního počtu ulit, vhozených do řeky. Z toho vyplývá, že pravděpodobnost utopení je pro obě velikostní kategorie stejná.

4.3 Rozbor náplavů

4.3.1 Vzorek č. 1

První vzorek sebraný pod zříceninou hradu Šebín obsahoval celkem 44 druhů, což bylo nejvíce ze všech vzorků, které jsem měla k dispozici. Jak ukazuje přiložený graf (Obr. 14), největší zastoupení měly vodní druhy, naopak zcela chyběli zástupci druhů typických pro vlhký les. Tento vzorek obsahoval pouze jeden stepní druh a jeden druh křovišť. Převážnou část tvořily indiferentní druhy, což jsou druhy, které jsou schopné obývat jakékoliv prostředí, druhy polootevřeného lesa a druhy otevřených ploch. Dále vzorek obsahoval pět vlhkomilných druhů otevřených stanovišť, pět mokřadních druhů a tři druhy zapojeného lesa. Zastoupení druhů z jednotlivých ekologických skupin odpovídá struktuře krajiny 500 metrů proti proudu řeky od místa, kde byl náplav sebraný.



Obr. 14: Zastoupení druhů jednotlivých ekologických skupin ve vzorku č. 1

Jak ukazuje tabulka č. 1, největší počet jedinců, celkově 802, patřilo mezi druhy otevřených ploch, což odpovídá výskytu otevřených luk a polí nad místem, kde byl náplav sebrán. Dále se v největším počtu jedinců vyskytovaly druhy polootevřeného lesa, celkově 779 jedinců. I to přesně odpovídá lesnatým stráním nad zříceninou Šebína. 439 jedinců tvořili zástupci indiferentních druhů, 204 jedinců patřilo mezi striktně lesní druhy a dále se v tomto náplavu vyskytovalo 113 jedinců stepních druhů, 86 jedinců mokřadních druhů, 30 jedinců vlhkomilných druhů otevřených stanovišť a pouze 4 jedinci křovištních druhů. Náplav neobsahoval ani jednoho jedince, který by byl zástupce druhů vlhkého lesa. Tento výsledek

opět odpovídá realitě, neboť nejbližší luh se vyskytuje až o několik desítek metrů níže po proudu řeky.

Tab. 1: Přehled druhů měkkýšů nalezených v náplavovém vzorku č. 1.

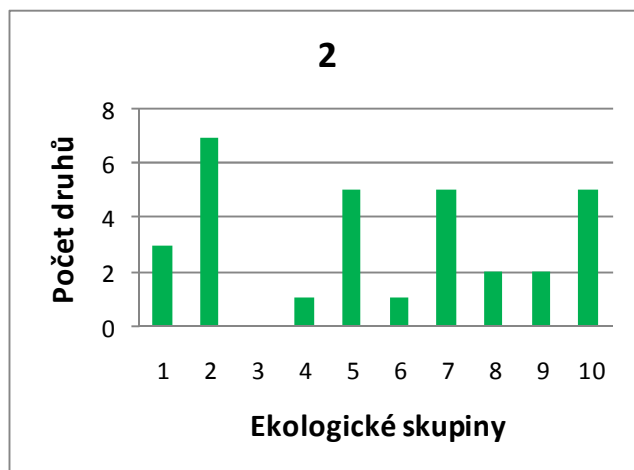
A - lesní druhy sensu lato (1 – striktně lesní druhy sensu stricto, 2 – druhy obývající převážně les, ale i polootevřený, či křoviště, 3 – hygrofilní lesní druhy), **B** – druhy otevřených ploch (4 – druhy stepí a suchých výslunných ploch, 5 – druhy silvifobní, otevřených ploch), **C** – druhy otevřených i zalesněných stanovišť (6 – druhy termofilní a xerotolerantní, 7 – euryvalentní druhy se středními nároky na stanoviště, 8 – druhy s vysokými nároky na vlhkost, avšak nejsou bezprostředně vázané na vodu), **D** – druhy vyžadující vodní prostředí (9 – mokřadní druhy, 10 – vodní druhy), **J** – počet juvenilních jedinců, **A** – počet dospělých jedinců, **T** – celkem, — absence druhu ve vzorku.

Ekologická skupina		Druh	pod Šebínem
A	1	<i>Acanthinula aculeata</i>	5 A = 5 T
		<i>Cochlodina laminata</i>	19 A + 167 J = 186 T
		<i>Merdigera obscura</i>	4 A + 9 J = 13 T
	2	<i>Monachoides incarnatus</i>	47 A + 165 J = 212 T
		<i>Aegopinella minor</i>	45 J = 45 T
		<i>Alinda biplicata</i>	75 A + 325 J = 400 T
		<i>Cepaea sp.</i>	2 J = 2 T
		<i>Fruticicola fruticum</i>	2 A + 31 J = 33 T
		<i>Discus rotundatus</i>	4 A + 74 J = 78 T
		<i>Helix pomatia</i>	1 A + 8 J = 9 T
	3	<i>Columella edentula</i>	—
		<i>Urticicola umbrosus</i>	—
B	4	<i>Ceciloides acicula</i>	24 A + 89 J = 113 T
		<i>Xerolenta obvia</i>	—
	5	<i>Pupilla muscorum</i>	10 A + 31 J = 41 T
		<i>Truncatellina cylindrica</i>	17 A + 17 J = 34 T
		<i>Vallonia pulchella</i>	187 A + 390 J = 577 T
		<i>Vallonia costata</i>	46 A + 64 J = 110 T
C	6	<i>Euomphalia strigella</i>	2 A + 2 J = 4 T
		<i>Monacha cartusiana</i>	—
	7	<i>Cochlicopa lubrica</i>	52 A + 176 J = 228 T
		<i>Euconulus fulvus</i>	1 A = 1 T
		<i>Lucilla scintilla</i>	1 A + 1 J = 2 T
		<i>Oxychilus cellarius</i>	—

D		<i>Oxychilus draparnaudi</i>	8 J = 8 T
		<i>Nesovitrea hammonis</i>	2 A + 23 J = 25 T
		<i>Punctum pygmaeum</i>	10 A = 10 T
		<i>Trochulus hispidus</i>	39 A + 115 J = 154 T
		<i>Vitrina pellucida</i>	11 J = 11 T
	8	<i>Arianta arbustorum</i>	4 J = 4 T
		<i>Carychium tridentatum</i>	17 A = 17 T
		<i>Vertigo angustior</i>	1 A = 1 T
		<i>Vitrea crystallina</i>	1 A = 1 T
		<i>Succinella oblonga</i>	7 J = 7 T
	9	<i>Carychium minimum</i>	30 A = 30 T
		<i>Oxyloma elegans</i>	1 J = 1 T
		<i>Pseudotrichia rubiginosa</i>	—
		<i>Succinea putris</i>	1 A + 25 J = 26 T
		<i>Vertigo antivertigo</i>	1 A = 1 T
		<i>Zonitoides nitidus</i>	5 A + 23 J = 28 T
	10	<i>Anisus leucostoma</i>	2 A = 2 T
		<i>Bithynia tentaculata</i>	—
		<i>Galba truncatula</i>	5 J = 5 T
		<i>Gyraulus albus</i>	1 J = 1 T
		<i>Gyraulus crista</i>	1A + 1 J = 2 T
		<i>Physella acuta</i>	10 J = 10 T
		<i>Pisidium casertanum</i>	—
		<i>Pisidium milium</i>	—
		<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	158 J = 158 T
		<i>Sphaerium spp.</i>	10 J = 10 T
		<i>Valvata cristata</i>	1 A = 1 T
		<i>Valvata piscinalis</i>	1J = 1 T

4.3.2 Vzorek č. 2

Druhý vzorek sebraný 500 metrů nad mostem v Radovesicích obsahoval celkem 31 druhů. Jak ukazuje přiložený graf (Obr. 15), největší zastoupení měly druhy polootevřeného lesa.



Obr. 15: Zastoupení druhů jednotlivých ekologických skupin ve vzorku č. 2

Stejně jako v prvním vzorku zcela chyběli zástupci druhů typických pro vlhký les. Tento vzorek obsahoval pouze jeden stepní druh a jeden druh křovišť. V těchto dvou případech se jednalo o stejné druhy jako v prvním vzorku, konkrétně stepní druh *Ceciloides acicula* a křovištní druh *Euomphalia strigella*. Převážnou část vzorku tvořily druhy otevřených ploch, které se pravděpodobně vyskytují na polích a loukách na pravém břehu řeky v těchto místech. Dále byli ve vzorku indiferentní druhy a vodní druhy. Vzorek také obsahoval tři lesní druhy, dva vlhkomilné druhy a dva druhy mokřadní. Je zřejmé, že tyto druhy byly odneseny z některého parku výše proti proudu.

Největší počet jedinců tvořily lesní druhy, celkově 1598 jedinců, z toho bylo 1393 jedinců druhu *Cochlodina laminata*. Tento druh je jedním z nejhojnějších této čeledi, je vázaný na nejrozličnější typy lesů, kde žije na živých i padlých stromech (Horsák *et al.* 2013). Dále byly velmi hojně zastoupeny druhy polootevřeného lesa, celkově 1092 jedinců. Druhy vázané na lesní prostředí byly zřejmě splaveny z obou parků, které se nacházejí výše proti proudu řeky. 306 jedinců patřilo mezi druhy otevřených ploch, 184 jedinců byly indiferentní druhy, 29 jedinců křovištní druhy, 21 jedinců vlhkomilné druhy, 20 jedinců stepní druhy, 9 jedinců vodní druhy a pouze dva zástupci patřili mezi druhy mokřadní. Podrobný přehled nalezených jedinců ukazuje tabulka č. 2.

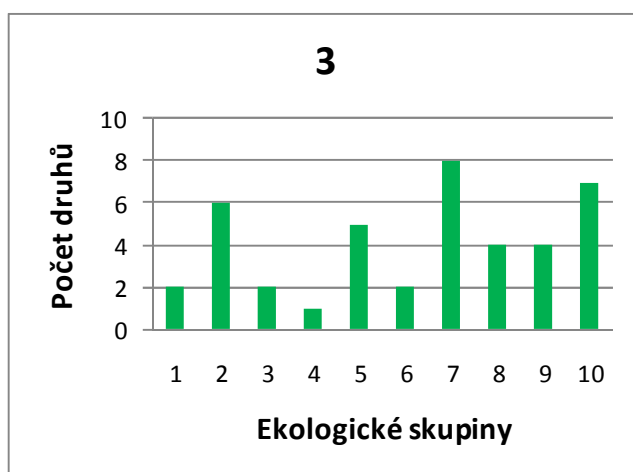
Tab. 2: Přehled druhů měkkýšů nalezených v náplavovém vzorku č. 2, legenda viz Tab. 1.

Ekologická skupina		Druh	500 m nad mostem v Radovesicích
A	1	<i>Acanthinula aculeata</i>	1 J = 1 T
		<i>Cochlodina laminata</i>	137 A + 1256 J = 1393 T
		<i>Merdigera obscura</i>	52 A + 152 J = 204 T
	2	<i>Monachoides incarnatus</i>	21 A + 102 J = 123 T
		<i>Aegopinella minor</i>	38 A + 399 J = 437 T
		<i>Alinda biplicata</i>	141 A + 348 J = 489 T
		<i>Cepaea</i> sp.	15 J = 15 T
		<i>Fruticicola fruticum</i>	4 A + 12 J = 16 T
		<i>Discus rotundatus</i>	7 J = 7 T
		<i>Helix pomatia</i>	5 J = 5 T
	3	<i>Columella edentula</i>	—
		<i>Urticicola umbrosus</i>	—
B	4	<i>Cecilioides acicula</i>	2 A + 18 J = 20 T
		<i>Xerolenta obvia</i>	—
	5	<i>Pupilla muscorum</i>	2 A + 6 J = 8 T
		<i>Truncatellina cylindrica</i>	13 A + 16 J = 29 T
		<i>Vallonia pulchella</i>	35 A + 90 J = 125 T
		<i>Vallonia costata</i>	46 A + 87 J = 133 T
		<i>Vertigo pygmaea</i>	10 A + 1 J = 11 T
C	6	<i>Euomphalia strigella</i>	9 A + 20 J = 29 T
		<i>Monacha cartusiana</i>	—
	7	<i>Cochlicopa lubrica</i>	19 A + 21 J = 40 T
		<i>Euconulus fulvus</i>	—
		<i>Lucilla scintilla</i>	—
		<i>Oxychilus cellarius</i>	—
		<i>Oxychilus draparnaudi</i>	—
		<i>Nesovitrea hammonis</i>	10 J = 10 T
		<i>Punctum pygmaeum</i>	3 A = 3 T
		<i>Trochulus hispidus</i>	7 A + 45 J = 52 T
		<i>Vitrina pellucida</i>	5 A + 74 J = 79 T
	8	<i>Arianta arbustorum</i>	4 A + 3 J = 7 T
		<i>Carychium tridentatum</i>	—
		<i>Vertigo angustior</i>	—
		<i>Vitrea crystallina</i>	—
		<i>Succinella oblonga</i>	4 A + 10 J = 14 T
D	9	<i>Carychium minimum</i>	—
		<i>Oxyloma elegans</i>	—
		<i>Pseudotrichia rubiginosa</i>	1 J = 1 T

		<i>Succinea putris</i>	—
		<i>Vertigo antivertigo</i>	—
		<i>Zonitoides nitidus</i>	1 J = 1 T
	10	<i>Anisus leucostoma</i>	1 J = 1 T
		<i>Bithynia tentaculata</i>	1 J = 1 T
		<i>Galba truncatula</i>	—
		<i>Gyraulus albus</i>	—
		<i>Gyraulus crista</i>	1 J = 1 T
		<i>Physella acuta</i>	—
		<i>Pisidium casertanum</i>	—
		<i>Pisidium milium</i>	—
		<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	5 J = 5 T
		<i>Sphaerium sp.</i>	1 J = 1 T
		<i>Valvata cristata</i>	—
		<i>Valvata piscinalis</i>	—

4.3.3 Vzorek č. 3

Tento náplav byl sebraný přímo pod mostem v Radovesicích, takže 500 metrů níže po proudu řeky než vzorek druhý. Porovnání grafů, které ukazují počty druhů zastupujících jednotlivé ekologické skupiny (Obr. 15 a Obr. 16), ukázalo, že stejně jako ve druhém vzorku jsou nejhojněji zastoupeny druhy polootevřeného lesa, druhy otevřených ploch, indiferenti a vodní druhy. Stepní druh zde byl nalezen opět pouze jeden, křovištní druhy dva. Lesních druhů bylo o jeden méně, zřejmě kvůli větší vzdálenosti od parků. Čtyři vlhkomilné a čtyři mokřadní druhy byly patrně splaveny od elektrárny v Libochovicích, kde slepé rameno řeky na levém břehu zamokřuje spodní část parku. Oproti druhému vzorku jsem zde našla dva druhy vlhkého lesa.



Obr. 16: Zastoupení druhů jednotlivých ekologických skupin ve vzorku č. 3

Počet jedinců byl oproti druhému vzorku poloviční. Tuto skutečnost příkládám tomu, že vzdálenost parků od mostu je větší a tím pádem se až do tohoto místa nesplavilo tolik jedinců hojně se vyskytujícího druhu *Cochlodina laminata*. Největší zastoupení měly druhy otevřených ploch, 411 jedinců, což přesně odpovídá polím, která se rozkládají několik desítek metrů nad mostem. 294 jedinců patřilo k druhům polootevřeného lesa, 242 jedinců byly druhy lesní, všichni jedinci těchto druhů mohli být splaveni ze zámeckého parku. 190 jedinců patřilo mezi indiferentní druhy, 177 mezi vodní druhy, 142 mezi mokřadní druhy, 38 jedinců patřilo k vlhkomilným druhům otevřených stanovišť, 20 jedinců k druhům křovišť. Ze skupiny druhů vlhkého lesa byli nalezeni pouze 2 jedinci a jenom jeden jedinec patřil mezi druhy stepní.

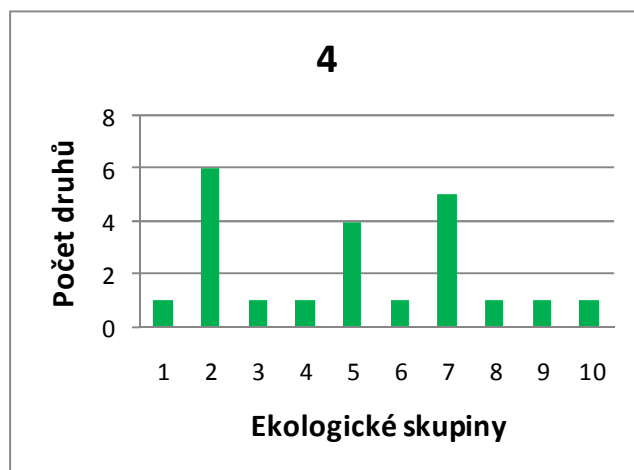
Tab. 3: Přehled druhů měkkýšů nalezených v náplavovém vzorku č. 3, legenda viz Tab. 1.

Ekologická skupina		Druh	u mostu v Radovesicích
A	1	<i>Acanthinula aculeata</i>	—
		<i>Cochlodina laminata</i>	62 A + 177 J = 239 T
		<i>Merdigera obscura</i>	3 J = 3 T
	2	<i>Monachoides incarnatus</i>	7 A + 24 J = 31 T
		<i>Aegopinella minor</i>	10 J = 10 T
		<i>Alinda biplicata</i>	35 A + 129 J = 164 T
		<i>Cepaea</i> sp.	—
		<i>Fruticicola fruticum</i>	26 J = 26 T
		<i>Discus rotundatus</i>	9 A + 51 J = 60 T
		<i>Helix pomatia</i>	1 A + 2 J = 3 T
	3	<i>Columella edentula</i>	1 A = 1 T
		<i>Urticicola umbrosus</i>	1 J = 1 T
B	4	<i>Cecilioides acicula</i>	—
		<i>Xerolenta obvia</i>	1 A = 1 T
	5	<i>Pupilla muscorum</i>	9 A + 20 J = 29 T
		<i>Truncatellina cylindrica</i>	14 A + 6 J = 20 T
		<i>Vallonia pulchella</i>	128 A + 150 J = 278 T
		<i>Vallonia costata</i>	35 A + 21 J = 56 T
		<i>Vertigo pygmaea</i>	21 A + 7 J = 28 T
C	6	<i>Euomphalia strigella</i>	2 A + 17 J = 19 T
		<i>Monacha cartusiana</i>	1 J = 1 T
	7	<i>Cochlicopa lubrica</i>	62 A + 61 J = 123 T
		<i>Euconulus fulvus</i>	1 J = 1 T
		<i>Lucilla scintilla</i>	1 J = 1 T
		<i>Oxychilus cellarius</i>	1 A = 1 T
		<i>Oxychilus draparnaudi</i>	—
		<i>Nesovitrea hammonis</i>	10 A + 12 J = 22 T
		<i>Punctum pygmaeum</i>	3 A = 3 T
		<i>Trochulus hispidus</i>	10 A + 21 J = 31 T
		<i>Vitrina pellucida</i>	1 A + 7 J = 8 T
	8	<i>Arianta arbustorum</i>	25 J = 25 T
		<i>Carychium tridentatum</i>	11 J = 11 T
		<i>Vertigo angustior</i>	1 A = 1 T
		<i>Vitrea crystallina</i>	—
		<i>Succinella oblonga</i>	1 J = 1 T
D	9	<i>Carychium minimum</i>	24 A = 24 T
		<i>Oxyloma elegans</i>	—
		<i>Pseudotrichia rubiginosa</i>	6 A + 2 J = 8 T

		<i>Succinea putris</i>	2 A + 40 J = 42 T
		<i>Vertigo antivertigo</i>	—
		<i>Zonitoides nitidus</i>	21 A + 47 J = 68 T
	10	<i>Anisus leucostoma</i>	1 J = 1 T
		<i>Bithynia tentaculata</i>	—
		<i>Galba truncatula</i>	2 J = 2 T
		<i>Gyraulus albus</i>	1 J = 1 T
		<i>Gyraulus crista</i>	—
		<i>Physella acuta</i>	2 A + 1 J = 3 T
		<i>Pisidium casertanum</i>	2 J = 2 T
		<i>Pisidium milium</i>	1 J = 1 T
		<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	167 J = 167 T
		<i>Sphaerium spp.</i>	—
		<i>Valvata cristata</i>	—
		<i>Valvata piscinalis</i>	—

4.3.4 Vzorek č. 4

Poslední vzorek byl sebraný zhruba 10 kilometrů od Radovesic níže po proudu přímo pod mostem v Doksanech. Tento vzorek obsahoval nejméně druhů, celkem pouze 22 (Obr.17). Stejně jako ve všech předchozích vzorcích byly v největší míře zastoupeny druhy polootevřeného lesa, druhy otevřených ploch a indiferenti. Všechny ostatní ekologické skupiny byly zastoupeny vždy pouze jedním druhem.



Obr. 17: Zastoupení druhů jednotlivých ekologických skupin ve vzorku č. 4

319 jedinců byly druhy otevřených ploch, lesní druhy byly zastoupeny opět druhem *Cochlodina laminata*, celkem 175 jedinců. 45 jedinců byly druhy polootevřeného lesa, 31 jedinců byly druhy indiferentní. Pouze 4 jedinci patřili do skupiny druhů vlhkého lesa, 2 jedinci mezi stepní druhy a 2 jedinci mezi druhy vodní. Od druhů křovištních, vlhkomilných a mokřadních jsem našla v náplavech pouze po jednom jedinci.

Poměrně chudý obsah tohoto náplavu přisuzuji charakteru říčního koryta v těchto místech. Při terénních pokusech jsem zjistila, že schránky unášené vodním proudem se zachytí o nárazové břehy a už se dál netransportují. Řeka se nad místem sběru tohoto vzorku velmi často stáčí různými směry, takže při povodni se zřejmě velká část náplavů zachytila o břehy výše.

Tab. 4: Přehled druhů měkkýšů nalezených v náplavovém vzorku č. 4, legenda viz Tab. 1.

Ekologická skupina		Druh	pod mostem v Doksanech
A	1	<i>Acanthinula aculeata</i>	—
		<i>Cochlodina laminata</i>	9 A + 166 J = 175 T
		<i>Merdigera obscura</i>	—
	2	<i>Monachoides incarnatus</i>	3 A + 21 J = 24 T
		<i>Aegopinella minor</i>	—
		<i>Alinda biplicata</i>	1 A + 4 J = 5 T
		<i>Cepaea sp.</i>	1 J = 1 T
		<i>Fruticicola fruticum</i>	3 A + 10 J = 13 T
		<i>Discus rotundatus</i>	1 J = 1 T
		<i>Helix pomatia</i>	1 J = 1 T
	3	<i>Columella edentula</i>	—
		<i>Urticicola umbrosus</i>	4 J = 4 T
B	4	<i>Cecilioides acicula</i>	1 A + 1 J = 2 T
		<i>Xerolenta obvia</i>	—
	5	<i>Pupilla muscorum</i>	1 A + 1 J = 2 T
		<i>Truncatellina cylindrica</i>	163 A + 70 J = 233 T
		<i>Vallonia pulchella</i>	12 A + 11 J = 23 T
		<i>Vallonia costata</i>	36 A + 25 J = 61 T
C	6	<i>Euomphalia strigella</i>	1 A = 1 T
		<i>Monacha cartusiana</i>	—
	7	<i>Cochlicopa lubrica</i>	1 A + 1 J = 2 T
		<i>Euconulus fulvus</i>	—
		<i>Lucilla scintilla</i>	—
		<i>Oxychilus cellarius</i>	1 A + 2 J = 3 T
		<i>Oxychilus draparnaudi</i>	1 A = 1 T
		<i>Nesovitrea hammonis</i>	—
		<i>Punctum pygmaeum</i>	—
		<i>Trochulus hispidus</i>	1 A + 6 J = 7 T
		<i>Vitrina pellucida</i>	5 A + 13 J = 18 T
	8	<i>Arianta arbustorum</i>	—
		<i>Carychium tridentatum</i>	—
		<i>Vertigo angustior</i>	1 A = 1 T
		<i>Vitrea crystallina</i>	—
		<i>Succinella oblonga</i>	—
D	9	<i>Carychium minimum</i>	—
		<i>Oxyloma elegans</i>	—
		<i>Pseudotrachia rubiginosa</i>	—

		<i>Succinea putris</i>	1 J = 1 T
		<i>Vertigo antivertigo</i>	—
		<i>Zonitoides nitidus</i>	—
	10	<i>Anisus leucostoma</i>	1 A + 1 J = 2 T
		<i>Bithynia tentaculata</i>	—
		<i>Galba truncatula</i>	—
		<i>Gyraulus albus</i>	—
		<i>Gyraulus crista</i>	—
		<i>Physella acuta</i>	—
		<i>Pisidium casertanum</i>	—
		<i>Pisidium milium</i>	—
		<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	—
		<i>Sphaerium spp.</i>	—
		<i>Valvata cristata</i>	—
		<i>Valvata piscinalis</i>	—

Porovnáním druhového složení jedinců vybraných ze všech vzorků s reálnými podmínkami v místech sběru jsem zjistila, že ve všech vzorcích obsah náplavu odpovídá typu krajiny, která se vyskytuje výše proti proudu zhruba do vzdálenosti 500 metrů.

5 Diskuze

5.1 Přežívání plžů ve vodě

Ve své práci jsem vycházela z předpokladu, že plži jsou schopni přežít transport ve vodě a následně se uchytit na nové lokalitě. Tento předpoklad se opírá o zkušenosti malakozoologů z terénu (Baur 1986, Juříčková & Ložek 2012a, Podroužková pers. comm.). Přijdeme - li k čerstvému náplavu, uvidíme, jak z něj vylézají živí jedinci (Čiliak *et al.* 2015). Jakým způsobem však dokážou ve vodě přežít, se ze složení náplavu zjistit nedá. Myšlenku takového transportu potvrzuje také studie, která se zabývá šířením plžů v trávicím traktu ptáků (Gittenberger 2012). Pokud jsou plži schopni přežít působení trávicích šťáv v útrobach ptáků, neměl by jim krátkodobý pobyt ve vodě činit větší potíže.

Již Darwin (1856) provedl jednoduchý experiment, v němž do mořské vody ponořil hlemýžď zahradního uzavřeného zimním víčkem. V takovém stavu může být plž překvapen během zazimování při povodních vzniklých táním ledu na začátku jara. Malé druhy plžů sice většinou netvoří zvápenaté pevné víčko jako hlemýžď, jsou však uzavřeni vrstvou slizového víčka, které plní podobnou funkci. Pod víčkem je ve schránce uzavřena bublinka vzduchu, která by plže mohla udržet na hladině. Naplánovala jsem tedy sérii jednoduchých experimentů s cílem potvrdit toto tvrzení. V praxi se však ukázalo, že to není vůbec jednoduché (viz kapitola 2.1). Ačkoli pokusy neproběhly podle mých představ, evidentním výsledkem bylo, že při kontaktu s vodou se plži probudí a ochranné víčko poruší.

V sérii dalších experimentů jsem zkoušela mnoho různých způsobů, jak ověřit, zda jsou plži schopni se ve vodě přichytit k nějakému plovoucímu předmětu a dostat se jeho pomocí na souš. Žádným z těchto experimentů jsem nedokázala potvrdit nebo vyvrátit tuto hypotézu. Důvodem mého neúspěchu mohl být omezený prostor, ve kterém bylo obtížné přizpůsobit podmínky skutečnému prostředí. Dle mého názoru by bylo řešením tyto pokusy provádět v mnohem větší nádobě, nejlépe v nějakém zahradním bazénu, který by svou velikostí mohl odpovídat šíři koryta nějakého potoka či menší řeky. Navíc čistá voda v bazénu by umožnila pozorovat, co se s plži děje. Bohužel, při mých pokusech jsem takovou možnost neměla. Podařilo se mi ale dokázat, že plži se aktivně snaží vylézat z vody po vertikálních předmětech směrem nahoru, což už bylo například pozorováno u suchomilek (Aubry *et al.* 2006). Tuto schopnost, či vzorec chování objevuje v obdobích povodní řada

náhodných pozorovatelů. Na Obr. 18 je vidět chování hlemýžďů zahradních při povodni v roce 2011, kdy plži vylézali nad výši povodňové hladiny. Není to sice totéž jako zachytit se plovoucího předmětu, ale bezesporu tuto vlastnost mohou využít, jakmile jsou proudem připlaveni například k větvím či vegetaci čnějící z vody.



Obr. 18: Plži, kteří při povodni šplhají nahoru na různé předměty, foto: Martina Karhanová

Vzhledem k neúspěchům v předchozích pokusech jsem poté testovala, jak dlouho jsou schopni suchozemští plži vydržet pod vodou, abych ukázala, jak dlouho mohou vydržet plavat při povodni v proudu, než se utopí. Protože tyto pokusy byly časově velmi náročné, omezila jsem dobu trvání většiny pokusů na půl hodiny. Ukázala jsem sice, že zhruba polovina jedinců je schopna se nad hladinu dostat poměrně rychle, ale už se mi nepodařilo zjistit, co se stane s jedinci, kteří nestihli během této doby vylézt nad vodní hladinu. Je totiž velmi pravděpodobné, že velká část z nich by se nakonec nad vodní hladinu dostala, ale bylo by zapotřebí je nechat ve vodě dlouhou dobu a přesně zaznamenat, kdy se jim to podařilo. Možným řešením by mohlo být pořízení videozáznamu, z kterého by se dalo snadno zjistit, jak se plž dále choval a kdy se mu podařilo dostat se nad vodní hladinu.

Již před sto lety si někteří autoři všímali toho, že voda může hrát zásadní roli v pasivním šíření suchozemských plžů (např. Bollinger 1909, Franz 1907, Lais 1925). Darwin (1856) ve svém díle O vzniku druhů přírodním výběrem dokonce píše: „*Napadlo mě, že plži, kteří mají při přezimování ústí ulity uzavřené blanitým víčkem, mohou být v puklinách plovoucích kmenů přeneseni přes středně široké mořské průlivy. Zjistil jsem pak, že některé druhy v tomto stavu bez újmy vydržely sedmidenní ponoření do mořské vody. Jeden z těchto plžů, hlemýžď zahradní (Helix pomatia), po tomto pokusu znovu přezimoval, a když jsem ho*

pak ponořil do mořské vody ještě na dvacet dní, vydržel i to.“ Podrobnosti o svých pozorováních však už tento velikán přírodních věd neudává. Musíme si však uvědomit, že jde o mořskou vodu, která je pro suchozemské plže prostředím krajně nepříjemným a pokud známý evropský hlemýžď zahradní vydržel v takovém prostředí dvacet dní, i menší druhy by mohly ve vodě přežít alespoň pár hodin, než je proud zachytí u břehu a umožní jim cestu zpět na souš.

Jediný, kdo mimo Darwina v historii také zkoušel házet zavíčkované plže do vody a měřit, jak dlouho pod vodou vydrží, byl na začátku 20. století Künkel (1916 in Dörge *et al.* 1999). Výsledky jeho studie ukazují, že suchozemští plži jsou schopni vydržet pod vodou několik hodin až několik dnů. Konkrétně *Helix pomatia* při těchto pokusech vydržel ve vodě v zavíčkované ulitě devět dnů. Dále zjistil, že doba, kterou plž vydrží pod vodou, není u všech druhů stejná. Modelové druhy *Succinea putris* a *Trochulus hispidus* jsem tedy volila podle rozdílných morfologických charakteristik. Jantarka (*Succinea putris*) má široce otevřené ústí ulity a aby se schovala do schránky, musí se nejprve zbavit většiny vody v těle. To by mohl být ve vodě zjevný handicap. Srstnatka (*Trochulus hispidus*), na druhou stranu má kulovitý tvar ulity, do které se bez potíží schová. Její povrch je navíc porostlý zahnutými chloupky, o jejichž funkci se stále spekuluje (Pfeninger *et al.* 2005). V případě ponoření schránky do vody se mezi chloupky udržují bublinky vzduchu, které by plže mohly udržet na hladině. Výsledky mých pokusů však tuto verzi vyvrací, neboť z chování srstnatek ve vodě bylo zjevné, že bublinky plžům spíše překáží a činí ulitu ve vodním sloupci neovladatelnou.

Výsledky mých pokusů ukazují, že hlemýžď (*Helix pomatia*) je skutečně velmi odolný vůči zatopení. Já jsem sice naměřila pouze dva dny, po které hlemýžď vydržel pod vodou, ale přesto to byla vůbec nejdelší doba ze všech opakování včetně opakování s jinými druhy. Jak ukazuje Obr. 10, ze všech hlemýžďů, které jsem vhodila do vody, jich přežilo 90 %. Z jedinců druhu *Cepaea hortensis* přežilo 40 %, u druhu *Trochulus hispidus* přežilo 33 % jedinců a nejméně 13 % jedinců přežilo u druhu *Succinea putris*. Takže moje výsledky potvrzují to, že schopnost přežít pod vodou se u různých druhů liší. Navíc je dobře vidět, že mnohem lépe přežívají jedinci, kteří jsou větší a mohou se v ulitě uzavřít pevným víčkem. Také jsem potvrdila předpoklad, že jantarky, které nejsou schopné celé tělo zatáhnout do ulity, utonou mnohem snáze, než jiné druhy. Ze všech modelových druhů vykazují nejvyšší podíl utopených jedinců. Jde však o druh, který se vyskytuje běžně na březích nejružnějších toků a musí se nějak vypořádat s pravidelnými i nepravidelnými fluktuacemi vodní hladiny. Ráda

šplhá po vegetaci, což podle výsledků Podroužkové *et al.* (2015) nečiní kvůli potravě, ale z jiných důvodů. Je možné, že jelikož není schopna přežít ve vodě, naučila se před ní unikat.

Těmito dvěma druhy samozřejmě nejsou předpoklady k přežití či uhynutí ve vodě u plžů vyčerpány. Nabízí se velká skupina plžů, Clausiliidae, která sice obývá různá stanoviště, ale jednu věc mají společnou, a to závorku hluboko ve schránce. Tato závorka by mohla plže chránit před utopením, stejně jako Darwinova hlemýžď ochránilo vápenaté víčko. K otestování odolnosti této skupiny jsem se však dosud nedostala a o výsledku se tak můžeme pouze dohadovat.

5.2 Šíření plžů proudem

Z předchozích závěrů a dosud zaznamenaných případů (např. Horsák & Myšák 2008, Juříčková & Ložek 2012a, Ložek 2003a) vyplývá, že šíření plžů na nové lokality podél toku probíhá po krátkých vzdálenostech. Pokud má plž štěstí, zachytí se u břehu dřív, než se utopí, což je ale vzhledem k výše zmíněné schopnosti přežít ve vodě poměrně dlouho, dost pravděpodobné. Délka transportu tedy záleží na průtoku vody, reliéfu, kterým voda protéká a času, po který plž přežije pod vodou. Biotopy podél toků nabízejí většinou obdobné podmínky. Největší šanci na úspěšnou kolonizaci nové lokality mají samozřejmě jedinci, kteří jsou vyhození ke břehu v co nejkratší době a co nejbližší původní lokalitě – prostředí bude podobné a plž životaschopný. Terénní pokus, byť s prázdnými schránkami, ukázal, že nejvíce se jich skutečně zachytí v blízkosti místa vypuštění a s rostoucí vzdáleností jejich počet klesá. Nejspíše se postupně zaplňují vodou a klesají ke dnu stejně, jako by živí jedinci postupně hynuli a klesali ke dnu. Není to sice žádný překvapivý výsledek, ale logicky z něj vyplývá, že šíření na dlouhé kilometry je velmi nepravděpodobné a vyžadovalo by souhru mimořádného průtoku vody a mimořádné schopnosti plže neutopit se, případně jeho náhodné zachycení na nějakém plovoucím předmětu. Ovšem při takové souhře okolností by mohl plž cestovat velmi daleko – Darwin (1856) spočítal, že za dvacet dní, po které se jeho hlemýžď máčel ve vodě, by mohl v průměrném mořském proudu urazit i 1100 kilometrů.

To ovšem není náš případ, nicméně znalost přesnějších vzdáleností, na jaké jsou plži schopni se takto přemístit, by byla velice užitečná. Například druh *Aegopinella ressmanni* byl v roce 2008 poprvé objeven podél toku Tiché Orlice. Jedinci byli nalezeni na devíti místech na 15 km dlouhém úseku (Horsák & Myšák 2008). Kdybychom byli schopni určit, po jak dlouhých úsecích se plži podél vodního toku přemísťují, bylo by možné na základě zpětného vyhodnocení událostí na daném toku přibližně určit dobu, kdy se objevený druh na lokalitě vyskytl poprvé a z toho by se v některých případech dalo také určit, jakým způsobem se tam dostal. Nebo naopak, mohli bychom předpovídat, za jak dlouho se některé druhy objeví na nových lokalitách.

Při srovnání druhového složení náplavů se zastoupením druhů, které odhalila studie Horáčkové *et al.* (2011), jsem objevila 11 druhů, které dosud nebyly v místech, odkud byly náplavy sebrány, evidovány. Šest z těchto druhů bylo v minulosti zaznamenáno na jiných místech podél řeky Ohře. Zajímalo mě, jaká je nejkratší vzdálenost výskytu jednotlivých

druhů od míst, kde byly sebrány náplavové vzorky, abych zjistila, zda druhy mohly být do těchto míst splavené z vyšších částí toku. Druh *Acanthinula aculeata* byl při ručních sběrech nalezen na místě vzdáleném zhruba 90 kilometrů výše proti proudu. Druh *Merdigera obscura* byl naopak zaznamenán při ručních sběrech až 15 kilometrů dále po proudu řeky. Druh *Columella edentula* byl v ručních sběrech objeven cca 130 kilometrů proti proudu řeky. Druh *Truncatellina cylindrica* byl naposledy zaznamenán při ručních sběrech Ložka v letech 1950–1983 v Doksanech (Horáčková *et al.* 2011). V náplavových vzorcích, které jsem měla k dispozici, byl tento druh přítomen všude, avšak v největší míře právě v Doksanech. Druh *Vertigo pygmaea* byl při sběrech z let 2006–2010 objeven 130 kilometrů proti proudu. Nicméně dřívějšími průzkumy z padesátých let (Horáčková *et al.* 2011) byl tento druh zaznamenán i na dolním toku Ohře, několik kilometrů níže po proudu od míst, kde byl sebrán v náplavech. Druh *Oxychilus draparnaudi* byl opět zaznamenán zhruba 130 kilometrů proti proudu řeky.

Tyto výsledky vůbec neodpovídají předpokladu, že se plži proudovými koridory šíří pouze na menší vzdálenosti. Průběžně zaznamenaný výskyt druhů (Horáčková *et al.* 2011) ale ukazuje, že ruční sběry neodhalují druhové složení opravdu spolehlivě. Hlavním problémem při ručních sběrech by mohla být velikost plžů. Výše zmíněné druhy patří mezi velmi malé plže (2–4 mm) (Horsák *et al.* 2013). Takto malé druhy mohly být při ručním sběru snadno přehlédnuté. To, jestli se druhy skutečně mohly rozšířit z takto vzdálených míst, by potvrdily pouze sběry náplavů z různých míst mezi lokalitou, kde byl druh zaznamenaný při ručních sběrech a mezi lokalitou, kde byl nalezen v náplavu. Navíc studie (Horáčková *et al.* 2011) se soustředila pouze na snímkování přirozených nivních společenstev a *T. cylindrica* i *V. pygmaea* jsou stepní druhy, které v takových habitatech vůbec nežijí.

Pokus s prázdnými ulitami potvrdil předpoklad, že se plži vodou šíří pouze na kratší vzdálenosti. Navíc jsem v laboratorních podmínkách dokázala schopnost suchozemských plžů přežít pod vodou minimálně 30 minut. Při pokusu s prázdnými ulitami mi trvalo asi dvě hodiny, než jsem celý úsek, na kterém se ulity zachytávaly, prošla pěšky. Cesta po břehu navíc vedla složitým terénem, takže jsem šla celkem pomalu. Při průtoku, který byl naměřený toho dne (viz kapitola Metodika), dopluly ulity na místo uchycení zcela jistě mnohem rychleji, než jsem tam došla já. Z těchto skutečností usuzuji, že suchozemští plži jsou opravdu schopni takový transport vodou přežít. Laboratorní pokusy dále ukázaly, že plži se po vhození

do vody velmi aktivně snaží dostat po různých předmětech ven z vody. Proto předpokládám, že živí jedinci by se úspěšně dostali na souš po vegetaci na břehu řeky.

5.3 Výpovědní hodnota náplavů z hlediska faunistiky

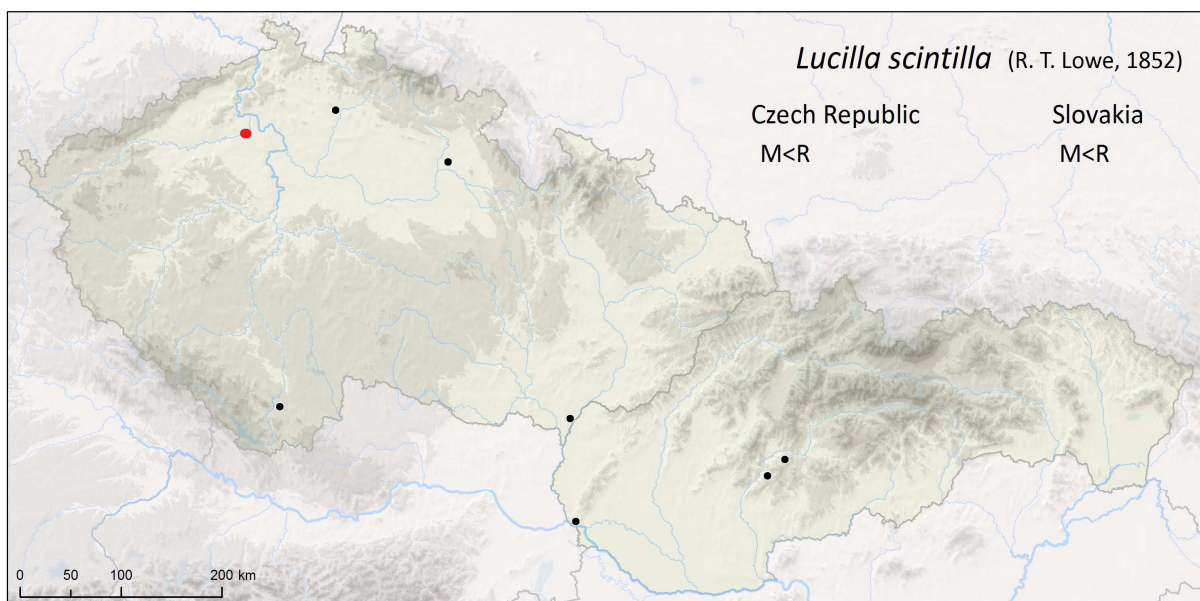
Podél toku řeky Ohře proběhl v nedávné době velice detailní výzkum recentní měkkýší fauny (Horáčková *et al.* 2011). Druhové složení měkkýšů bylo v této studii zjišťováno pomocí standardních ručních sběrů a hrabankových vzorků. Porovnání druhového složení z náplavů s výsledky této studie nám ukáže, jak velký význam mají náplavy pro zjišťování výskytu některých druhů, které při standardním snímkování často uniknou pozornosti, jako například vzácnější druhy žijící v okolí řeky ve slabých populacích.

Zjistila jsem, že náplavy obsahovaly o 11 druhů více, než odhalily standardní hrabankové vzorky odebrané v místech, odkud vzorky náplavů pocházejí. Jedná se o druhy *Acanthinula aculeata*, *Columella edentula*, *Lucilla scintilla*, *Merdigera obscura*, *Monacha cartusiana*, *Oxychilus draparnaudi*, *Oxyloma elegans*, *Truncatellina cylindrica*, *Vertigo angustior*, *V. antivertigo*, *V. pygmaea*.

Z těchto 11 druhů, které nebyly zachyceny standardními vzorky, byly pouhé 4 středně velké, zbytek tvoří velice drobné druhy veliké kolem 2 mm, které lze při nízkých abundancích snadno přehlédnout. U pěti druhů, které byly v náplavech nalezeny, byl výskyt v nivě Ohře zaznamenán vůbec poprvé.

Mezi nově objevené druhy patří *Monacha cartusiana*. Tento nepůvodní středozevní druh se v posledních letech šíří na různá místa v České republice (Peltanová *et al.* 2012). První výskyt u nás byl zaznamenán na konci 19. století na Moravě. Od té doby sem byla *Monacha cartusiana* zavlečena ještě několikrát. Významný vliv na její šíření má transport zboží z jižních oblastí Evropy a klimatické změny, které umožňují výskyt tohoto druhu i v severněji položených oblastech. Na dolním toku řeky Ohře, několik málo kilometrů od místa, kde řeka vtéká do Labe, se vyskytoval v letech 1991–2007. Horáčková *et al.* (2011) ovšem výskyt tohoto druhu v nivě Ohře nepotvrzuje, což bylo pravděpodobně způsobené tím, že její sběry se zaměřovaly na přirozené nivní biotopy, kde tento druh nežije. Ve vzorcích náplavů, které jsem měla k dispozici, bylo objeveno celkem 54 jedinců.

Dalším nově objeveným druhem je *Lucilla scintilla*. Jedná se o velmi malého plže (cca 2 mm), který žije v zemi i několik metrů pod povrchem (Kerney 1999), takže je zřejmé, že jiným způsobem než v náplavu se v podstatě objevit nedá. Vzorky, které jsem měla k dispozici, obsahovaly pouze tři jedince. Tento druh je opět nepůvodním druhem ČR, pochází se Severní Ameriky a k nám byl zavlečen po 2. světové válce (Horsák *et al.* 2013).



Obr. 19: Výskyt druhu *Lucilla scintilla* v ČR (černě), červeně nová lokalita na Ohři,
zdroj: <http://mollusca.sav.sk/malacology/maps/lucilla-scintilla.jpg>

Výskyt tohoto druhu byl v České republice zaznamenán pouze na čtyřech lokalitách (Obr. 19) z toho třikrát přítomnost tohoto plže odhalil právě náplav z nějakého vodního toku. Jak ukazují i nálezy ze Slovenska, zdá se, že je to obyvatel prostůrků mezi zrnky písku, z nichž jej může na povrch dostat právě jen povodeň.

Oxyloma elegans se vyskytuje v nížinách větších toků, preferuje osluněné porosty (Horsák *et al.* 2013). Dolní tok řeky Ohře splňuje nároky na životní prostředí tohoto plže. Vzhledem k tomu, že je to poměrně častý druh vyskytující se na celém území ČR i SR, není překvapivé, že se objevil i v těchto náplavech. Nalezen byl pouze jeden jedinec, takže se tento druh podél Ohře začal zřejmě šířit v nedávné době.

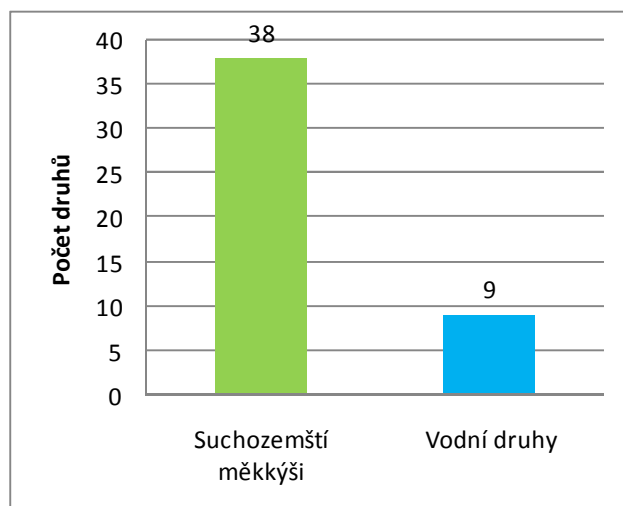
Vertigo angustior se vyskytuje v otevřených, více vápnitých mokřadech a v břehových porostech nižších poloh. Je to mezinárodně chráněný druh (IUCN), který je mapovaný v programu NATURA 2000. V České republice není příliš vzácný, přesto je jeho objevení na povodí řeky Ohře dobrou zprávou, protože tento druh je ohrožený zejména likvidací bazických mokřadů (Horsák *et al.* 2013). Tento druh byl navíc z dolní Ohře známý z fosilních záznamů (Juříčková *et al.* 2013).

Druh *Vertigo antivertigo* se obdobně jako *Oxyloma elegans* vyskytuje na vhodných místech celé ČR, údolí řeky Ohře splňuje požadavky na životní prostředí u tohoto druhu. Literatura udává, že druh *Vertigo antivertigo* je v posledních letech na ústupu

(Horsák *et al.* 2013), ale z nálezů ve zkoumaných vzorcích se zdá, že se na Ohři přece jen udržel. Opět známe tento druh z dolní Ohře i z fosilních nálezů (Juříčková *et al.* 2013).

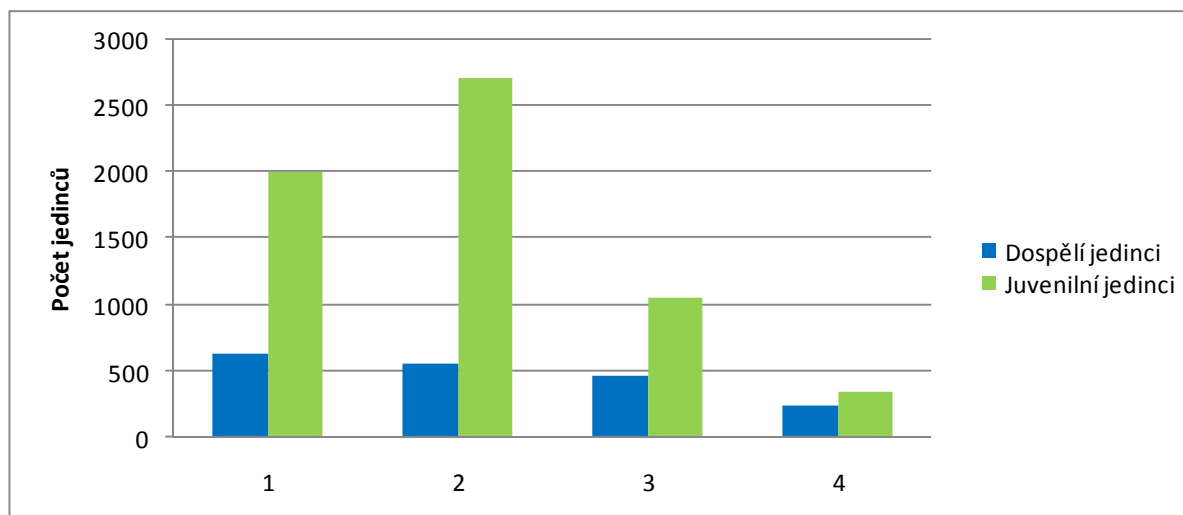
Tento výsledek jenom potvrzuje myšlenku, že náplavy ukazují druhové složení velmi dobře, dokonce lépe než detailní ruční sběr.

Oproti předpokladu obsahovaly vzorky málo vodních druhů, asi čtyřikrát méně než druhů suchozemských, jak ukazuje Obr. 20. Z celkového počtu 8006 jedinců nalezených v náplavech patřilo 7628 mezi suchozemské druhy a 378 jedinců mezi druhy vodní, což tvoří pouze 5 %. To je způsobeno zejména tím, že voda při povodních splachuje hlavně břehy a vodní druhy se do náplavů dostanou až při větších turbulencích (Juříčková & Ložek 2012a), tedy při silnějších povodních, než jaká byla v roce sběru. Prázdné schránky vodních plžů se ukládají spíše do bahna na dně řeky, než aby se vyskytovaly v náplavech na břehu.



Obr. 20: Zastoupení suchozemských a vodních druhů ve vzorcích náplavů

Obr. 21 ukazuje velkou převahu juvenilních jedinců nad dospělými jedinci. To se týká všech kromě posledního vzorku, ve kterém je rozložení dospělých a juvenilních jedinců přibližně stejné, ale to může být ovlivněné celkově malým počtem jedinců v tomto vzorku.



Obr. 21: Zastoupení dospělých a juvenilních jedinců v jednotlivých vzorcích náplavů

Obecně platí, že v populacích různých organismů převládají mladší jedinci z důvodu vymírání těch starších během ontogenetického vývoje (Losos *et. al.* 1984). Navíc šíření juvenilních jedinců je podpořeno konkurencí dospělců. Mladí jedinci málokdy setrvávají na místě svého zrození, častěji se od svého rodiče vzdálí a uchytí se na jiném místě. Dalším důvodem, proč se juvenilní jedinci vzdalují od svých rodičů, je jejich snaha zabránit křížení vzájemně příbuzných jedinců, které vede k poklesu genetické variability (Townsend *et. al.* 2010). V případě plžů by se převaha juvenilních jedinců ve vzorcích dala také vysvětlit tím, že mladí jedinci ještě nemají dostatečně vyvinuté mechanismy, které by jim při povodni pomohly udržet se na břehu. Konkrétní případy těchto mechanismů nejsou v literatuře popsány a měly by být předmětem zkoumání vědců, kteří se zabývají problematikou šíření suchozemských plžů vodními toky.

6 Závěr

Náplní této práce bylo ukázat, že náplavové vzorky nemusí sloužit pouze jako doplněk faunistických průzkumů, ale mohou podat užitečné informace o změnách v měkkýších společenstvech v alluviích. Využit je lze například při studiu šíření měkkýších druhů podél říčních toků. Vytyčila jsem si 3 dílčí cíle, které se podařilo splnit.

1. Prvním cílem této práce bylo prakticky vyzkoušet, jak se suchozemští plži chovají, když se ocitnou ve vodním prostředí. Celkem jsem provedla více než 200 opakování s druhy různých velikostních kategorií. Všichni plži, které jsem testovala, se po vhození do vody snažili vylézt nahoru po všem, na co ve vodě narazili. Dále jsem zjistila, že odolnost plžů vůči zatopení se u různých druhů liší. Nejodolnější jsou velké druhy jako například hlemýžď druhu *Helix pomatia*, který je schopen pod vodou přežít až několik dnů. Nejhuře zatopení nesou druhy, které nejsou schopné celé tělo zatáhnout do ulity jako testované jantarky druhu *Succinea putris*. Experimenty ale prokázaly, že všechny druhy testovaných suchozemských plžů jsou schopné přežít pod vodou minimálně půl hodiny. Tyto dva poznatky potvrzují, že suchozemští plži skutečně mohou využívat pasivní transport vodním tokem. Evidentně jsou schopni přežít ve vodě dostatečně dlouhou dobu, a když je proud vody zaneše ke břehu, jsou schopni se po vegetaci dostat na souš.
2. Dále jsem testovala, zda se plži skutečně proudem transportují pouze na několik set metrů vzdálené úseky. Jako modelové objekty jsem použila prázdné ulity, které dle mých předpokladů ve vodě plavou stejně jako živý plž, který má v ulitě bublinku vzduchu. 21 % z celkového počtu ulit jsem našla na prvních sto metrech, od místa, kde jsem je vhodila do vody (což tvoří pouze 4 % z celkové délky procházeného úseku). Nicméně proud vody zanesl ulity i na vzdálenější místa, poslední ulitu jsem našla 1852 metrů daleko od místa vhození ulit do vody. V největší míře se tedy plži transportují pouze na několik set metrů, ale v některých případech takový transport může dosahovat i několika kilometrů. To závisí zejména na tvaru koryta řeky a na množství překážek ve vodě.

3. Ze vzorků náplavů jsem získala řadu informací. Náplavy obsahovaly malé množství vodních druhů a celkově převažovali juvenilní jedinci. Vodní druhy se totiž do náplavů dostávají až při větších turbulencích, jinak voda splachuje plže s přilehlých břehů a obecně se spíše šíří juvenilní jedinci, kteří si nechtějí konkurovat s dospělci. Druhové složení plžů ve vzorcích odpovídá přilehlé krajině, čehož se využívá při faunistických průzkumech. Po srovnání druhového složení z náplavů s výsledky ručních sběrů se ukázalo, že náplavy skutečně ukazují druhové složení mnohem lépe. V náplavech se totiž dají odhalit i druhy, které při ručním sběru unikají pozornosti kvůli příliš malé velikosti nebo protože žijí skrytě, například hluboko v půdě.

7 Citovaná literatura

Aubry, S., Labaune, C., Magnin, F., Roche, P. & Kiss, L., 2006. Active and passive dispersal of an invading land snail in Mediterranean France. *Journal of Animal Ecology* **75**: 802–813.

Baur, B., 1986. Patterns of dispersion, density and dispersal in alpine populations of the land snail *Arianta arbustorum* (L.) (Helicidae). *Holarctic Ecology* **9**: 117–125.

Baur, A. & Baur, B., 1989: Are there barriers to dispersal in the land snail *Arianta arbustorum*? *Canadian Journal of Zoology* **68**: 613–617.

Baur, A. & Erhardt, A., 1995: Habitat fragmentation and habitat alterations: Principal threats to most animal and plant species. *Gaia* **4**: 221–226.

Bayley, P. B., 1995. Understanding large river: floodplain ecosystems. *BioScience* **45**: 153–158.

Boettger, C. R., 1929: Untersuchungen über die Entstehung eines Faunenbildes. Zur Zoogeographie der Weichtiere Schlesiens. *Zeitschrift für Morphologie und Ökologie der Tiere* **6**: 333–414.

Bollinger, G., 1909: Zur Gastropodenfauna von Basel und Umgebung. Diss. Univ. Basel, Phil. Fak., Basel.

Čejka, T., 2000: A malacozoological analysis of the drift of the Danube river from the area of the Slovak-Austrian border. *Folia faunistica Slovaca* **5**: 73–80.

Čejka, T., Horsák, M. & Némethová, D., 2008. The composition and richness of Danubian floodplain forest land snail faunas in relation to forest type and flood frequency. *Journal of Molluscan Studies* **74**: 37–45.

Čiliak, M. & Šteffek, J., 2011. Vyhodnotenie malakofauny z náplavov Neresnice (stredné Slovensko). *Malacologica Bohemoslovaca* **10**: 73–78.

Čiliak, M., Čejka, T. & Šteffek, J., 2015: Molluscan diversity in stream driftwood: relation to land use and river section. *Polish Journal of Ecology* **63**: 124–134.

Darwin, Ch., 1856: O vzniku druhů přirozeným výběrem, (překlad podle originálu, 6. vydání z roku 1902), Academia, Praha 2007, str. 453.

Dörge, N., Walther, Ch., Beinlich, B. & Plachter, H., 1999. The significance of passive transport for dispersal in terrestrial snails (Gastropoda, Pulmonata). *Zeitschrift für Ökologie und Naturschutz* **8**: 1–10.

Fischer, S. F., Poschlod, P. & Beinlich, B., 1996: Experimental studies on the dispersal of plants and animals on sheep in calcareous grassland. *Journal of Applied Ecology* **63**: 1206–1221.

Franz, V., 1907: Beiträge zur schlesischen Molluskenfauna. *Nachr.-Bl. Dtsch. Malakozool. Ges.* **39**: 20–33, 53–68.

Gittenberger, E., Groenenberg, D. S. J., Kokshoorn, B. & Preece, R. C., 2006: Molecular trails from hitch-hiking snails. *Nature* **439**, 409.

Gittenberger, E., 2012: Long-distance dispersal of molluscs: ‘Their distribution at first perplexed me much’. *Journal of Biogeography* **39**: 10–11.

Green, A. J., Jenkins, K. M., Bell, D., Morris, P. J. & Kingsford, R. T., 2008. The potential role of waterbirds in dispersing invertebrates and plants in arid Australia. *Freshwater Biology* **53**: 380–392.

Horáčková, J., Ložek, V. & Juříčková, L., 2011. Nivní malakofauna řeky Ohře – její minulost a současnost. *Malacologica Bohemoslovaca* **10**: 51–64.

Horsák, M. & Myšák, J., 2008. The first records of *Aegopinella ressmanni* (Westerlund, 1883) in the Czech Republic extends its distribution range northwards. *Malacologica Bohemoslovaca* **7**: 47–50.

Horsák, M., Juříčková, L. & Picka, J., 2013: Měkkýši České a Slovenské republiky. Molluscs of the Czech and Slovak Republics. – Kabourek, Zlín, 264 pp. (in Czech and English).

Juříčková, L., 1995: Měkkýší fauna Velké Prahy a její vývoj pod vlivem urbanizace. – *Natura Pragensis* 12/1995. Český ústav pro ochranu přírody. 212 pp.

Juříčková, L., 2001. Měkkýší společenstva měst a hradů jako modelový příklad vlivů člověka na společenstva bezobratlých živočichů. Doktorská disertační práce. Ms. dep. in: Biologická knihovna PřF UK. Praha.

Juříčková, L. & Ložek, V., 2012a. Proudové koridory, náplavy a měkkýši I. Pojem náplav, jeho vymezení a postavení v nivním ekosystému. *Živa* **5**: 218–220.

Juříčková, L. & Ložek, V., 2012b. Proudové koridory, náplavy a měkkýši II. Co vyčteme z náplavů. *Živa* **6**: 269–271.

Juříčková, L., Horáčková, J., Ložek, V. & Horsák, M., 2013: Impoverishment of recent floodplain forest mollusc fauna in the lower Ohře River (Czech Republic) as a result of prehistoric human impact. *Boreas* **42** (4): 932–946.

Juříčková L., Horsák, M., Horáčková, J. & Ložek V., 2014: Ecological groups of snails – use and perspectives. – 7th European Malacological Congress, Cambridge, UK, 7–11 September, 2014, poster.

Kawakami, K., Wada, S. & Chiba, S., 2008: Possible dispersal of land snails by birds. *Ornithological Science* **7**, 167–171.

Kerney, M., 1999: Atlas of the land and freshwater molluscs of Britain and Ireland. Harley Books, Colchester, 261 pp.

Künkel, K., 1916: Zur Biologie der Lungenschnecken. Ergebnisse vieljähriger Züchtungen und Experimente, - Heidelberg. In: Dörge, N., Walther, Ch., Beinlich, B. & Plachter, H., 1999. The significance of passive transport for dispersal in terrestrial snails (Gastropoda, Pulmonata). Zeitschrift für Ökologie und Naturschutz **8**: 1–10.

Lais, R., 1925: Dr. Hans Kauffmann's hinterlassene Schneckensammlung, ein Beitrag zur Kenntnis der Schneckenfauna Südbadens und ihrer Beziehungen zum Klima. Berichte der Naturforschenden Gesellschaft zu Freiburg **25**: 1–74.

Losos, B., Gulička, J., Lellák, J. & Pelikán, J., 1985: Ekologie živočichů. SPN, Praha, 320 s.

Ložek, V., 1956: Klíč k určování československých měkkýšů. SAV, Bratislava, 437 pp.

Ložek, V., 1982. Osudy našich vod v nedávné geologické minulosti. Vesmír **61**: 170–174.

Ložek, V., 2002. Tajemství ukrytá v nivách. Kde hledat klíč k pochopení povodní. Respekt, Praha, 2. – 8. 9. 2002, **36**: 18.

Ložek, V., 2003a. Povodně a život nivy. Bohemia Centralis, Praha, **26**: 9–24.

Ložek, V., 2003b. Naše nivy v proměnách času. II. Osud niv v dnešní době. Ochrana přírody **58**, č. 5: 131–136.

Peltanová, A., Petrusek, A., Kment, P. & Juříčková, L., 2012: A fast snail's pace: colonization of Central Europe by Mediterranean gastropods. Biological Invasions **14**: 759–764.

Pfenninger, M., Hrabáková, M., Steinke, D. & Dépraz, A., 2005: Why do snails have hairs? A Bayesian inference of character evolution. BMC Evolutionary Biology **5**: 59–10.

Podroužková, Š., Janovský, Z., Juříčková, L. & Horáčková, J., 2015: Do snails eat exotic plant species invading the river floodplains? *Journal of Molluscan Studies* **81**(1): 139–146.

Townsend, C. R., Begon, M. & Harper, J. L., 2010: *Základy ekologie*. Univerzita Palackého v Olomouci, 505 s.